



M2
Conception des Ouvrages d'Art et Bâtiments

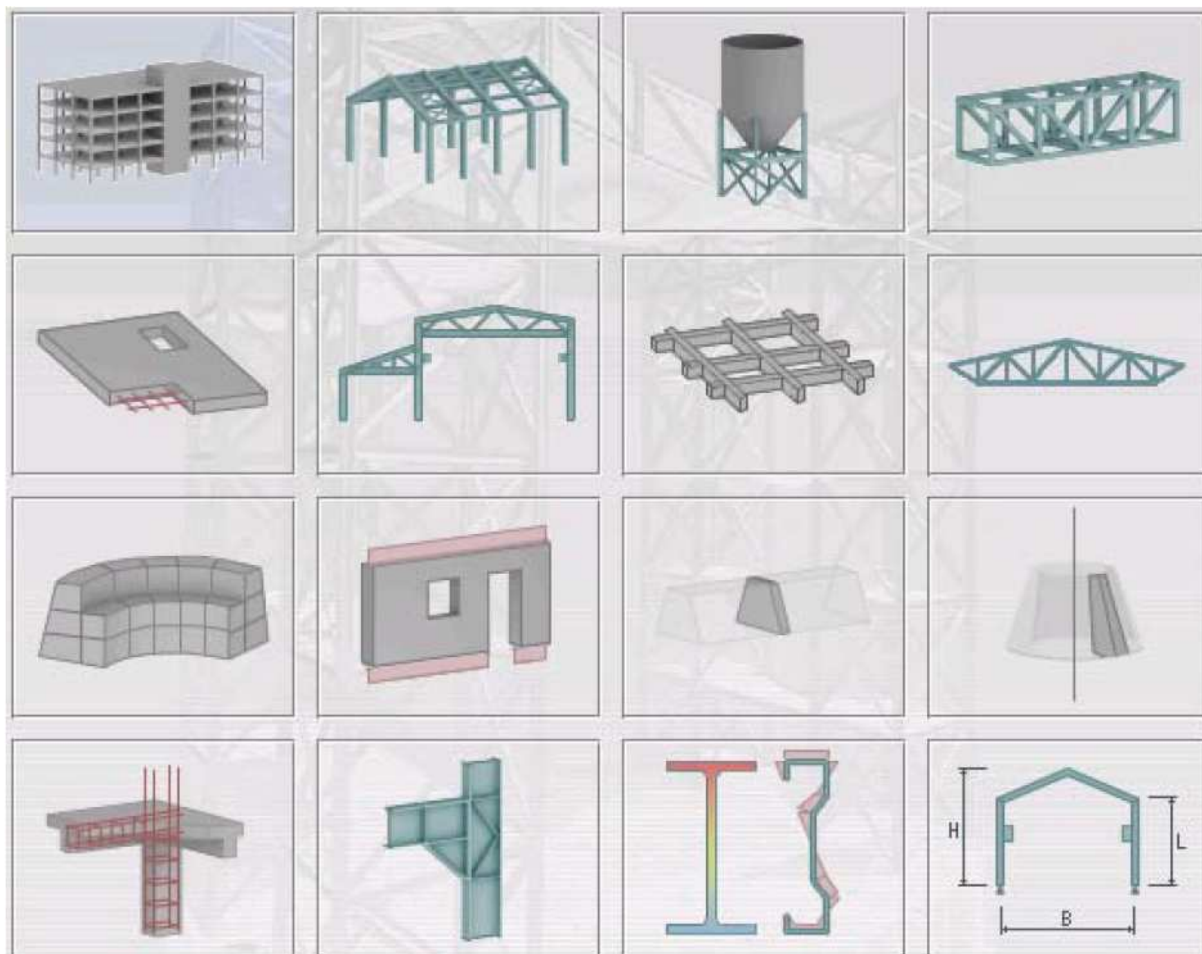
INITIATION

à

ROBOT Structural Analysis

DEMARRAGE DE ROBOT

Le système **ROBOT** regroupe plusieurs modules spécialisés dans chacune des étapes de l'étude de la structure (création du modèle de structure, calcul de la structure, dimensionnement). Les modules fonctionnent dans le même environnement.
Après le lancement du système **ROBOT** (pour ce faire, cliquer sur l'icône approprié affiché sur le bureau ou sélectionner la commande appropriée dans la barre des tâches), la fenêtre représentée ci-dessous est affichée. Dans cette fenêtre, vous pouvez définir le type de la structure à étudier, ouvrir une structure existante ou charger le module permettant d'effectuer le dimensionnement de la structure.



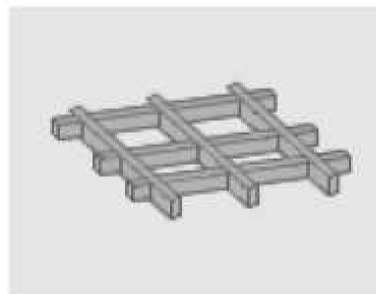
Les douze premières icônes servent à sélectionner le type de structure :


Etude d'un Portique


Etude d'une Coque


Etude d'un Treillis Plan


Etude en Contraintes Planes


Etude d'un Grillage


Etude en Déformations Planes

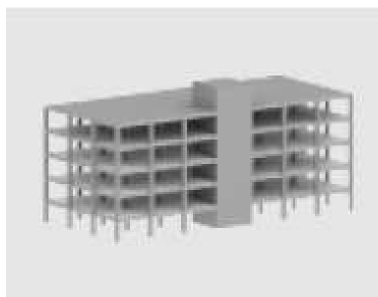

Etude d'un Treillis Spatial


Etude d'un Structure Axisym.


Etude d'un Portique Spatial


Modélisation en Volumiques

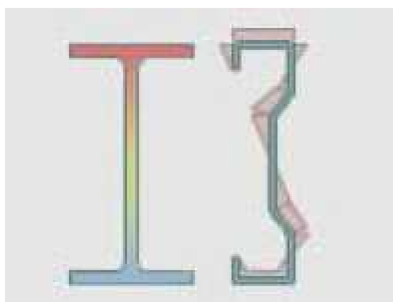

Etude d'une Plaque

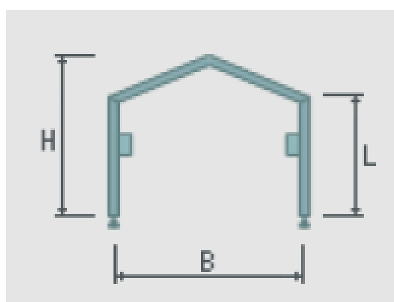

Conception d'un bâtiment

La dernière ligne concerne :


Dimensionnement des éléments des structures BA


Dimensionnement assemblages acier


Etude des profilés des barres (pleins ou à parois minces)

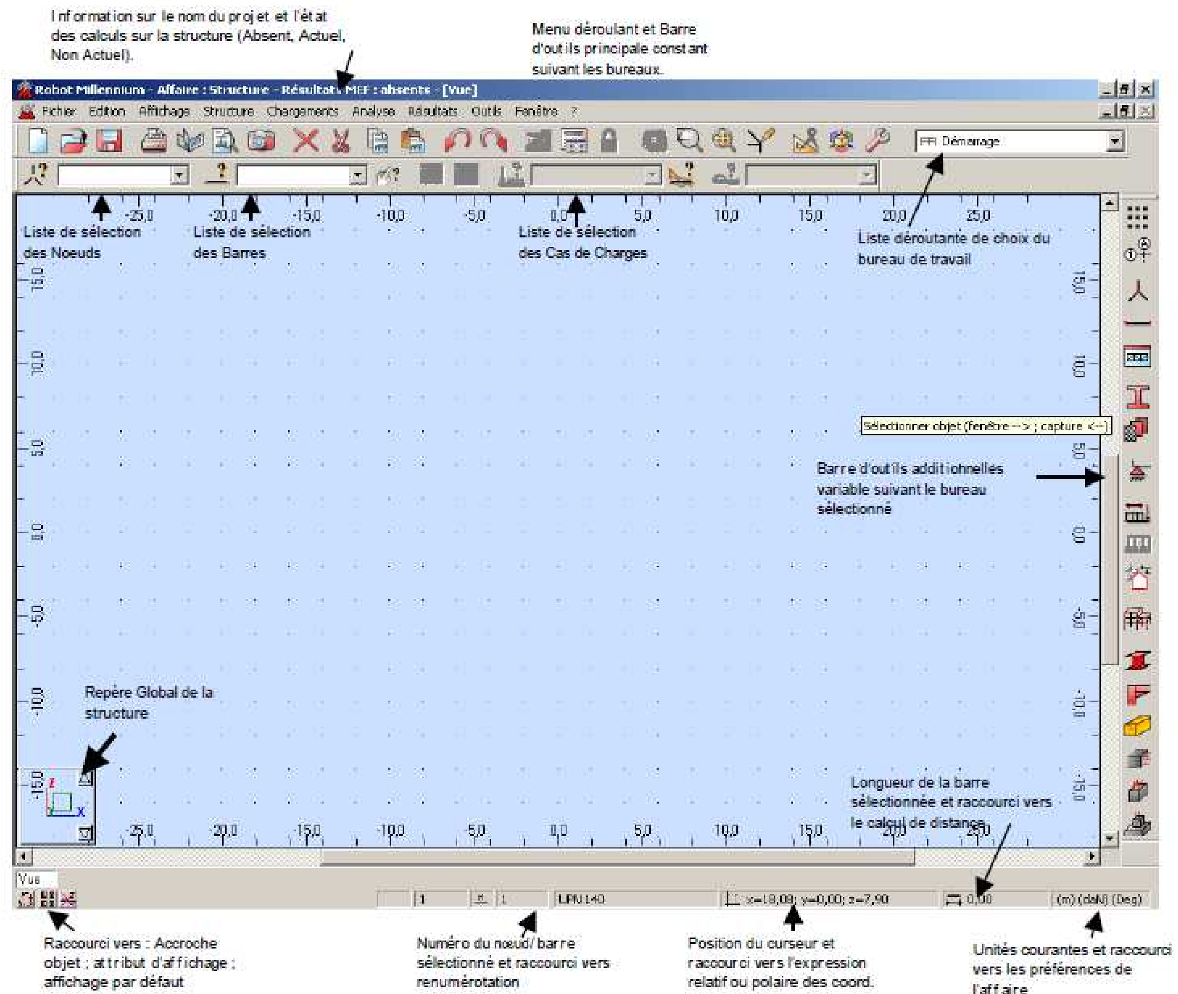


Création d'une structure type simple

Après la sélection de l'une de ces options, les paramètres du logiciel *Robot* sont adaptés aux fonctions du module réglementaire sélectionné ou au type de structure sélectionné. En fonction de l'objectif et du mode de fonctionnement du module, le logiciel affiche soit la fenêtre de l'éditeur graphique dans laquelle vous pouvez effectuer la saisie, soit le bureau spécifique adapté aux fonctions du module.

L’ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Une fois un type de structure sélectionné, vous arrivez à l’écran ci-dessous avec un certain nombre de zones utiles à connaître pour le déroulement de votre modélisation et de l’exploitation des résultats.

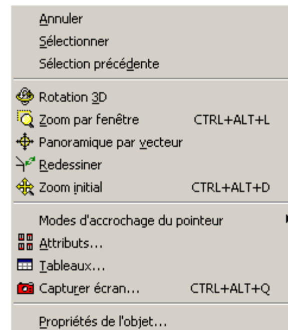


Le principe fondamental de **ROBOT** est la gestion par bureaux qui va vous guider à travers les étapes essentielles de modélisation, d’exploitation de résultats et enfin du dimensionnement métier.

La sélection d’un bureau se fait à l’aide de la liste déroutante principale se trouvant en haut et à droite de votre écran (le bureau de départ se nommant : Démarrage).
La barre d’outils de droite correspond à des fonctions additionnelles relatives au bureau dans lequel vous vous trouvez.
L autre fonctionnalité indispensable aux manipulations sous **ROBOT** est l’utilisation du **Menu contextuel** accessible par un simple clic droit sur la souris.

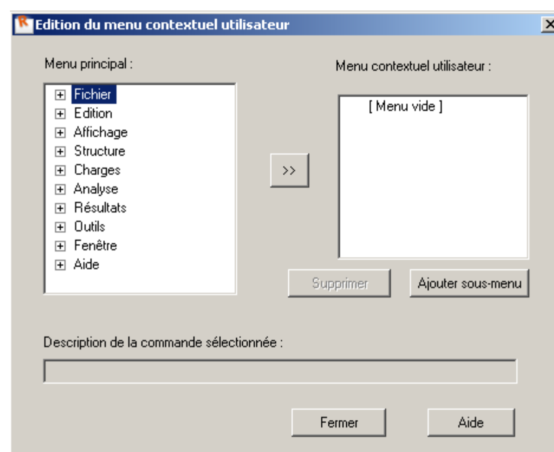
Lors du travail dans l’éditeur graphique ou dans un tableau, un clic sur le bouton droit de la souris ouvre un menu contextuel supplémentaire qui affiche les commandes les plus souvent utilisées.

Par exemple, la figure ci-dessous représente le menu contextuel qui s'ouvre après un clic sur la zone graphique du bureau **Démarrage**.



Le menu contextuel de **ROBOT** est personnalisable de façon à rajouter de nouvelles fonctions propres à votre métier ou à l'utilisation de **ROBOT.**
Pour cela, dans le menu déroulant Outils, choisissez **Personnaliser** et **Personnaliser menu contextuel**.

Il vous reste alors à rechercher, dans l'arborescence proposée, la fonction que vous souhaitez choisir et à la glisser à droite de l'écran :



La même manipulation peut être effectuée pour personnaliser les barres d'outils liées au bureau, toujours à l'aide du Menu déroulant **Outils/Personnaliser/Personnaliser** Barre d'outils.

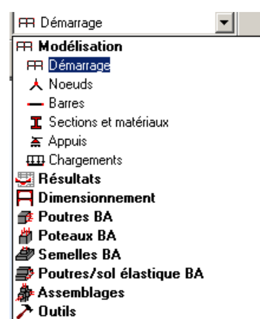
LE PRINCIPE DES BUREAUX

Il est fortement conseiller d'utiliser le plus possible le système de bureaux mis en place dans **ROBOT.** Il vous permettra d'acquérir une méthode de travail rapide et efficace.

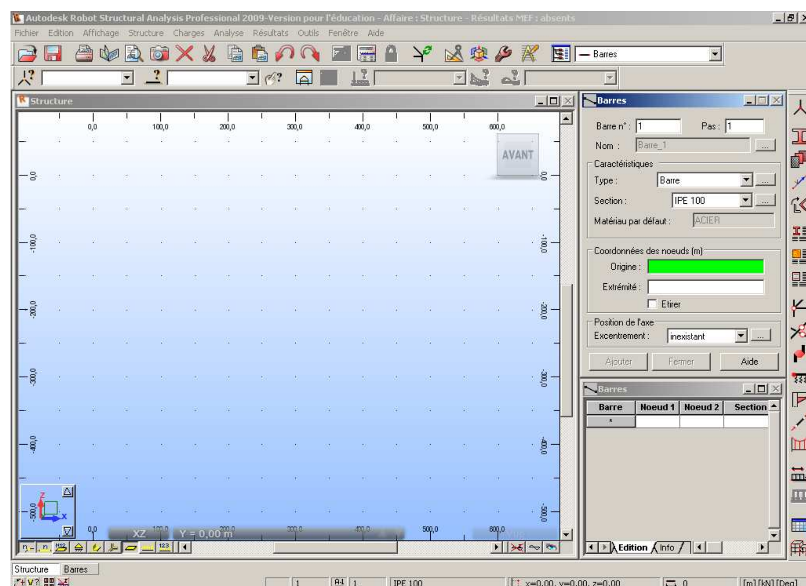
Vous remarquerez que les fenêtres constitutives d'un bureau sont protégées contre la fermeture. En effet, il n'y a pas de raison de fermer une fenêtre : si vous voulez la fermer cela signifie que vous voulez faire autre chose, donc changez de bureau.

Néanmoins, les fenêtres ne sont pas protégées contre le déplacement ou la réduction. Si vous êtes loin de la configuration initiale de votre bureau, vous pouvez donc réinitialiser la configuration par défaut du bureau en allant dans le menu déroulant **Outils/Personnaliser/Réinitialiser** à partir du modèle.

Dans le système **ROBOT**, le mécanisme de bureaux prédéfinis a été créé afin de rendre la définition de la structure plus facile et plus intuitive. Evidemment, vous n'êtes pas obligés d'utiliser ce mécanisme. Toutes les opérations effectuées dans le système **ROBOT** peuvent être réalisées sans recourir aux bureaux définis.
Le choix des bureaux se fait en ouvrant la liste déroulante des bureaux et en cliquant sur le bureau choisi afin d'effectuer la tâche précise correspondante :



A titre d'exemple, vous pouvez voir la composition du bureau **Barres** :



LE REGLAGE DES PREFERENCES

Il est à noter que toutes les langues ne sont pas accessibles dans la version de base, il s'agit de modules de langues supplémentaires que vous pouvez acquérir.

La partie correspondant à la protection du logiciel vous permet de rentrer un code faisant évoluer le logiciel (augmentation du nombre de barres, modules supplémentaires, ...) pour les versions anciennes. Pour les autres, il n'y a pas besoin de lancer le logiciel. Il suffit d'aller dans :
« Démarrer / programmes / Robot structural office / tools / protection - paramètre » ou dans « Démarrer / programmes / Robot office / tools / protection paramètre »

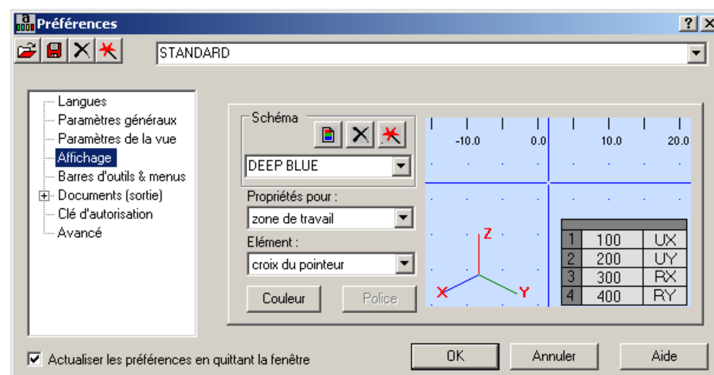
La personnalisation vous permet de changer le nom sur la CLE et non uniquement sur le poste de travail, ce nom apparaît à chaque démarrage de **ROBOT** et correspond au nom d'utilisateur apparaissant par défaut sur les notes de calcul.

Afin de définir les paramètres de travail du système **ROBOT**, vous pouvez utiliser deux options : **Préférences** et **Préférences de l'affaire**.

• **<u>Les préférences</u>**

Les **Préférences** a contrario des **Préférences de l'affaire** vous permettrons de changer les paramètres gérant la forme du logiciel : couleur, polices, tailles des icônes, etc.

Dans la boîte de dialogue **Préférences** représentée sur la figure ci-dessous, vous pouvez définir les paramètres de base du logiciel. Afin d'ouvrir la boîte de dialogue, vous pouvez sélectionner dans le menu déroulant **Outils** puis **Préférences**.



La boîte de dialogue représentée ci-dessus se divise en plusieurs parties, notamment :

- La partie supérieure de la boîte de dialogue regroupe quatre icônes et le champ de sélection de fichiers de préférences. Par défaut, le nom des préférences actuelles est affiché. Dans ce champ, vous pouvez sélectionner un fichier de préférences existant ; pour cela, cliquez sur la flèche à droite du champ et sélectionnez les préférences appropriées à vos besoins dans la liste déroulante.

- La partie gauche de la boîte de dialogue **Préférences** contient une arborescence qui affiche la liste des options que vous pouvez personnaliser. Pour cela, cliquez sur le bouton gauche de la souris sur la position que vous voulez modifier.

- Dans la partie droite de la boîte de dialogue **Préférences** se trouve la zone dans laquelle vous pouvez définir les paramètres spécifiques du logiciel, l'aspect de cette zone varie en fonction de la sélection effectuée dans l'arborescence de gauche.

• **Les préférences de l'affaire**

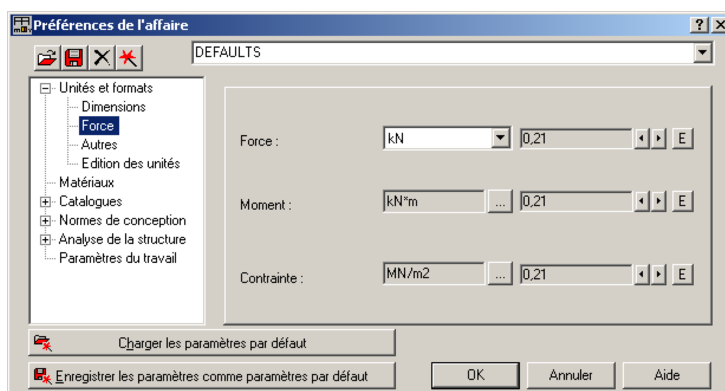
Les préférences de l'affaire vous permettent de changer le fond de votre étude à savoir les unités, les matériaux, les normes, etc.
Tout comme les Préférences, vous y accéder dans le menu déroulant Outils.
Vous naviguez dans l'arborescence de **ROBOT** afin de régler les différentes unités de Forces, Dimensions et Normes.

Réglage des unités :

Les unités utilisées sont celles qui sont employées dans la pratique de la charpente métallique. Elles sont parfois différentes des unités « légales » (Système International SI), ces dernières étant dans certains cas inadaptées, car disproportionnées par rapport aux ordres de grandeur des valeurs couramment rencontrées.

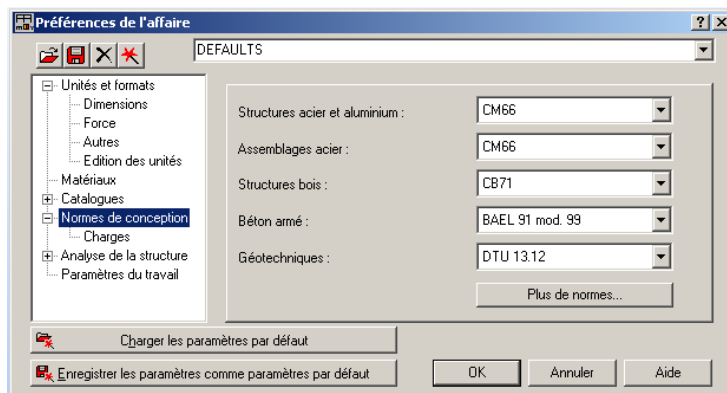
En outre, nous assimilerons les décaNewtons aux kilogrammes (1 daN = 1 kg), alors qu'en toute rigueur 1 daN = 1.02 kg (car g = 9.81 m/s²). L'erreur commise, de 2%, est négligeable, compte tenu de la précision générale des calculs.

La fenêtre de réglage des unités est présentée sur la figure ci-dessous. Les indications à droite des entrées d'unités correspondent au nombre de chiffres après la virgule souhaitée.



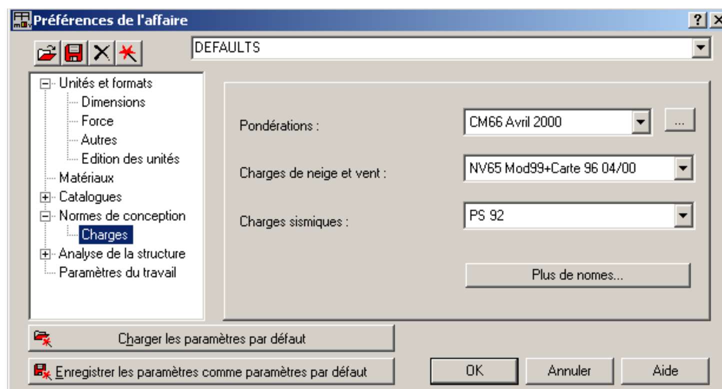
Réglage des normes :

La fenêtre de réglage des normes est présentée sur la figure ci-après :



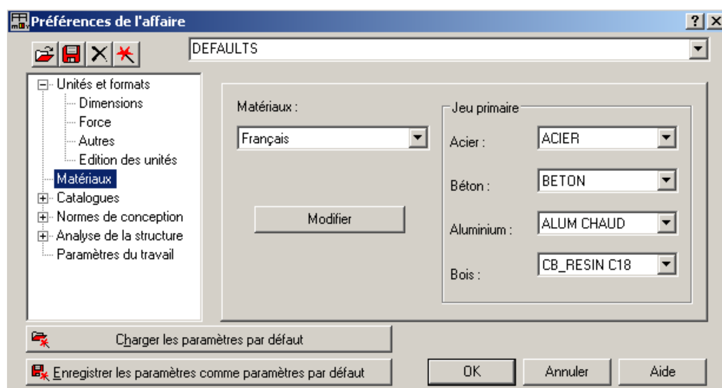
Attention : le chapitre **Norme de conception** cache une sous-arborescence que vous pouvez afficher en cliquant sur le petit **+**.

Le sous-chapitre **Charges** apparaît et permet de définir notamment les paramètres d'actions du vent et le règlement de pondération utilisé (il peut être différent de la norme de dimensionnement).



Matériaux :

La fenêtre des préférences relatives aux matériaux est présentée dans la figure ci-après :



Pour consulter les caractéristiques des matériaux, les modifier ou même rajouter un matériau, vous devez sélectionner dans l'arborescence **Matériaux** et cliquez sur le bouton **Modifier**.

Il suffit alors de consulter ou de modifier les données en faisant **Ajouter** pour valider les modifications.

De plus, si vous souhaitez ajouter un matériau, il suffit également de modifier le nom et de valider.

Catalogue de profilés :

A propos du catalogue de profilés, les bases de données listées sont accessibles dans **ROBOT** dans l'ordre spécifié à cet endroit. Vous pouvez modifier l'ordre des catalogues pour mettre par exemple votre catalogue utilisateur en premier.

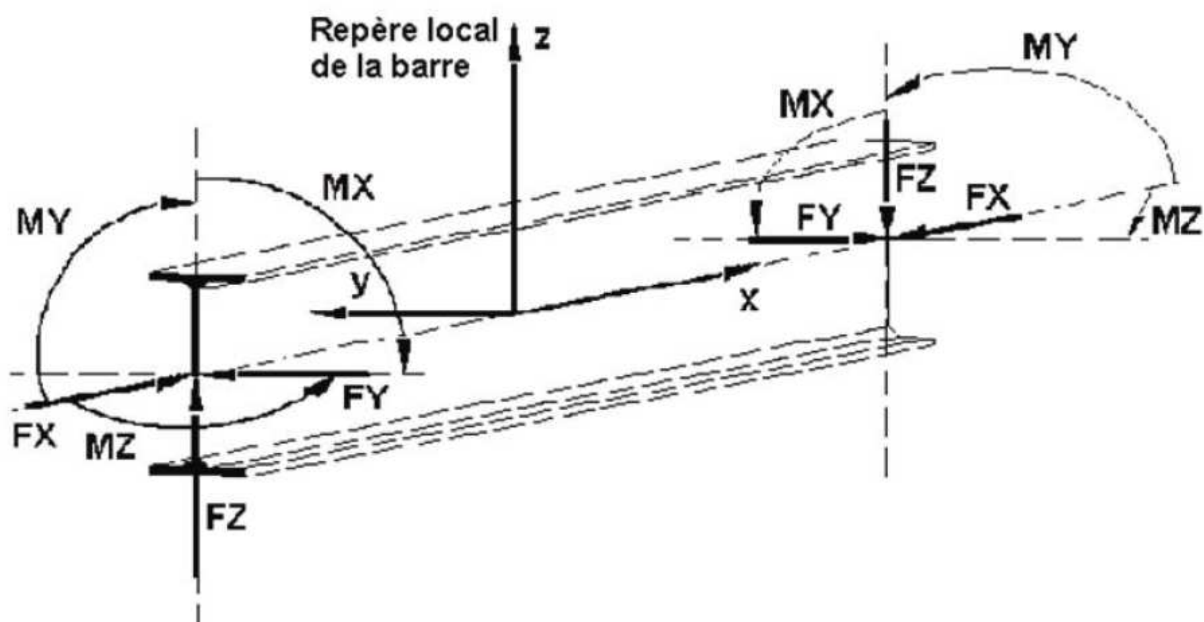
Divers :

D'autres éléments, moins importants pour la formation, sont également accessibles dans les **Préférences de l'affaire,** comme l'ajout de catalogues de profilés étrangers, les modifications des paramètres d'analyse de structure ou encore des paramètres de maillage éléments finis.

Pour consulter ces informations, nous vous invitons à lire l'aide en ligne ou le manuel d'utilisation. Dans tous les cas, nous vous conseillons de sauvegarder ce jeu de préférences de façon à le retrouver facilement en cas de modification ou de réinitialisation involontaire des préférences.

LES CONVENTIONS DE SIGNE

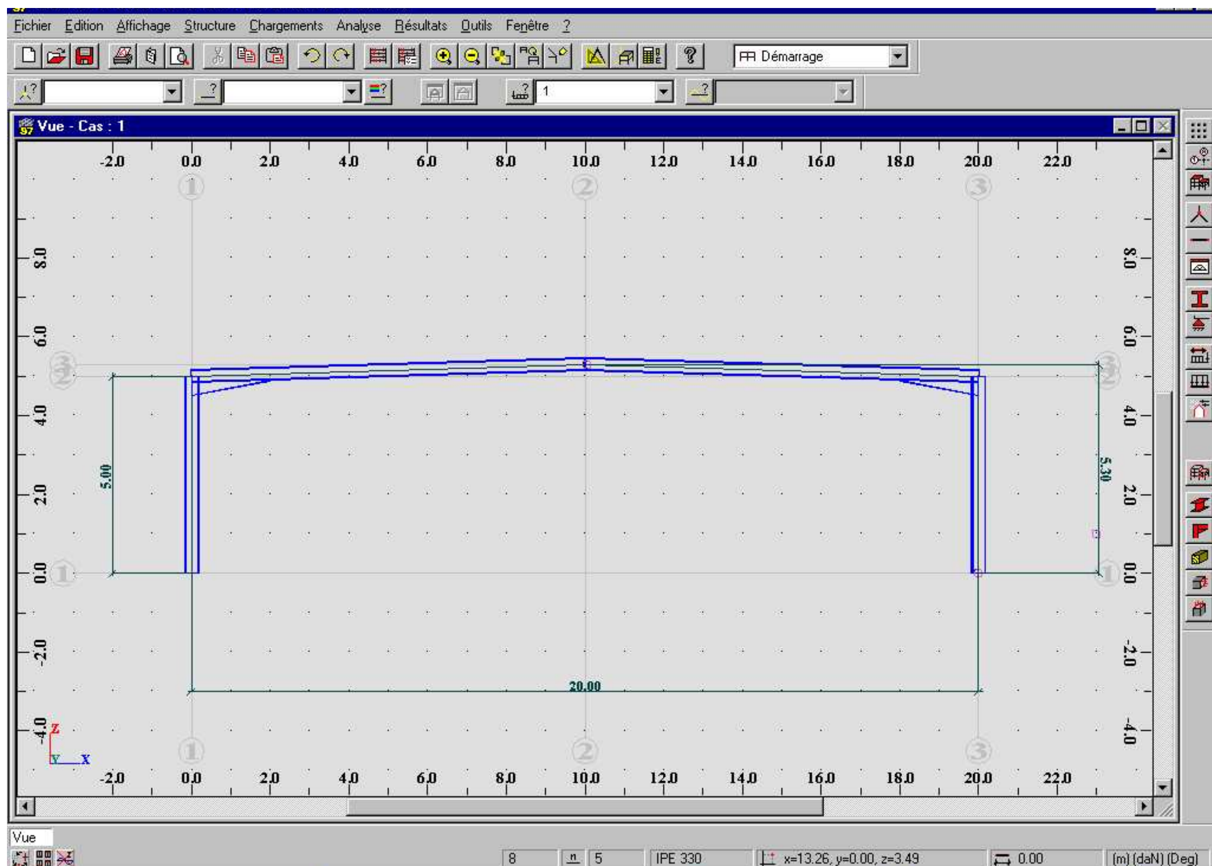
Dans le logiciel, la convention de signes pour les éléments barres est basée sur la convention des forces sectorielles. Suivant cette règle, le signe des efforts sectoriels est le même que celui des forces nodales positives appliquées à l'extrémité de l'élément produisant les mêmes effets (il s'agit des efforts dont l'orientation est conforme à l'orientation des axes du système local). Par conséquent, les efforts de compression sont positifs et les efforts de traction sont négatifs. Les moments fléchissants positifs MY provoquent la traction des fibres de la poutre se trouvant du côté négatif de l'axe local z. Les moments fléchissants positifs MZ provoquent la traction des fibres de la poutre se trouvant du côté positif de l'axe local «y ».
Pour la convention de signes décrite, les sens positifs des efforts sont représentés de façon schématique sur la figure ci-dessous.
NOTE :
Pour les portiques plans (barres 2D), la convention de signes pour les efforts internes est déterminée par rapport au repère local par défaut de la barre. La convention de signes NE CHANGE PAS lors de la rotation du repère d'un angle GAMMA.



EXEMPLE D'APPLICATION :
ANALYSE ET DIMENSIONNEMENT D'UN PORTIQUE SELON LE CM66

AVANT PROPOS :

Ce document présente la définition, l'analyse et le dimensionnement du portique à une nef représentée dans la figure ci-dessous. Il doit permettre de comprendre les mécanismes de dimensionnement avec **ROBOT** et non d'assister le projeteur dans la modélisation de la structure. Néanmoins, au cours des exemples, quelques "astuces" de modélisation seront exposées afin de faciliter la démarche de l'utilisateur face aux multiples choix offerts par **ROBOT**.



PARAMETRES DE L'ETUDE

• **Unités de données** : **m** et **daN**

• **Géométrie** :

Largeur nef : 10,00 m
Longueur du bâtiment : 50,00 m
Largeur entre portique : 5,00 m (constante)
Hauteur des poteaux : 5,00 m (versants symétriques)
Pente : 6% (soit flèche 0,30 m)
Jarret de traverse: 2,00 m.
Pieds de poteaux : articulés, pas de baïonnettes

• **Section** (première estimation) :

Poteau : IPE 240
Traverse : IPE 220

• **Charges** :

- **Permanentes** :

Poids propre
Toiture multi-couches : 27 daN/m^2
Bardage de long pan : 10 daN/m^2

- **Exploitation** :

Palan : 800 daN (placé à 2,00 m du poteau de gauche)

- **Neige et vent** :

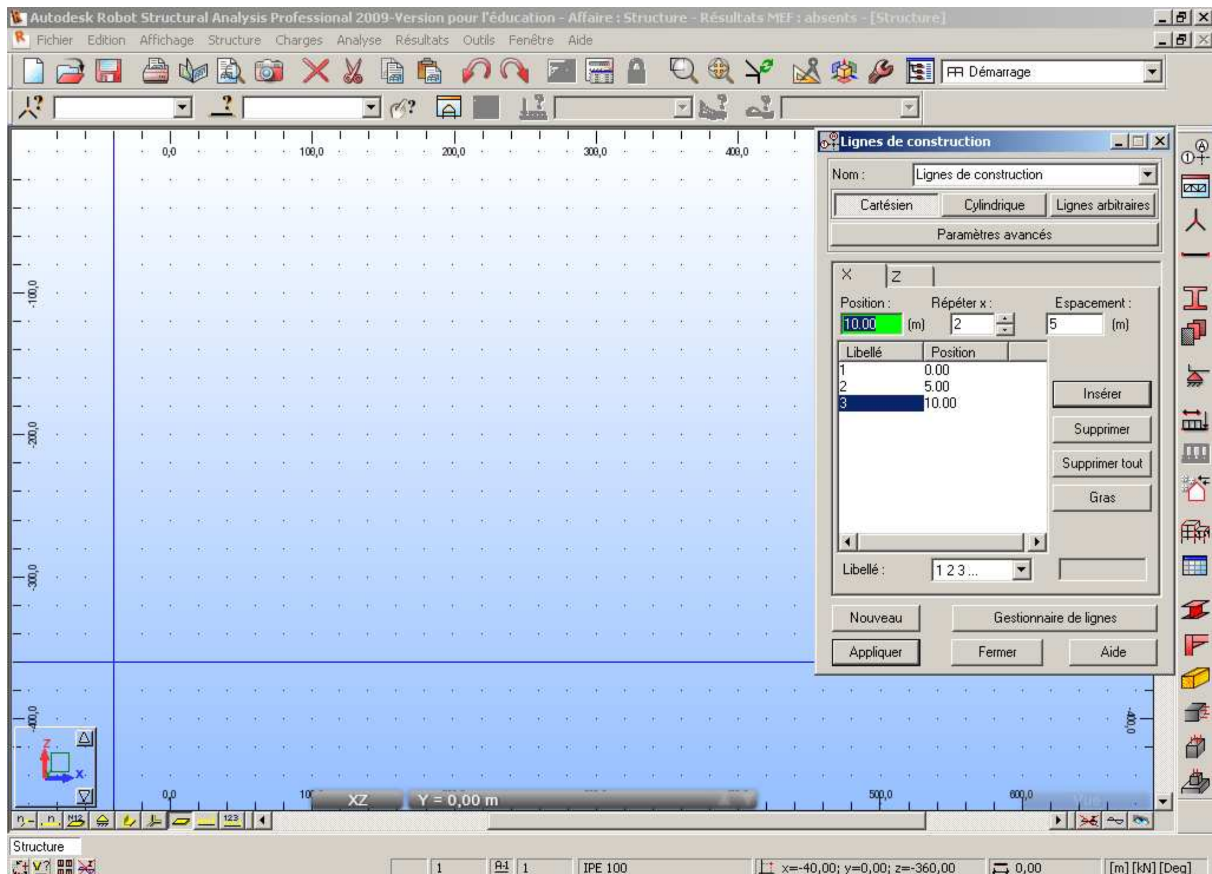
Région : Lot et Garonne.
Altitude de la construction : <200 m
Norme : NV65 Mod 99 + Carte 96 04/00
Perméabilité : néant
Vent : site normal (type : normal)

MODELISATION DE LA STRUCTURE

Afin de commencer la définition de la structure, lancer le système **ROBOT** (Clic sur l'icône correspondant).

Dans la fenêtre de l'assistant affichée par **ROBOT**, sélectionner le premier icône du premier rang (**Etude d'un portique plan**).

• Lignes de construction



→ Assurez-vous d'être dans le bureau initial **Démarrage**



→ Sélectionner l'icône de définition de lignes de construction



→ Définissez les lignes de construction afin de vous faciliter la mise en place des barres.

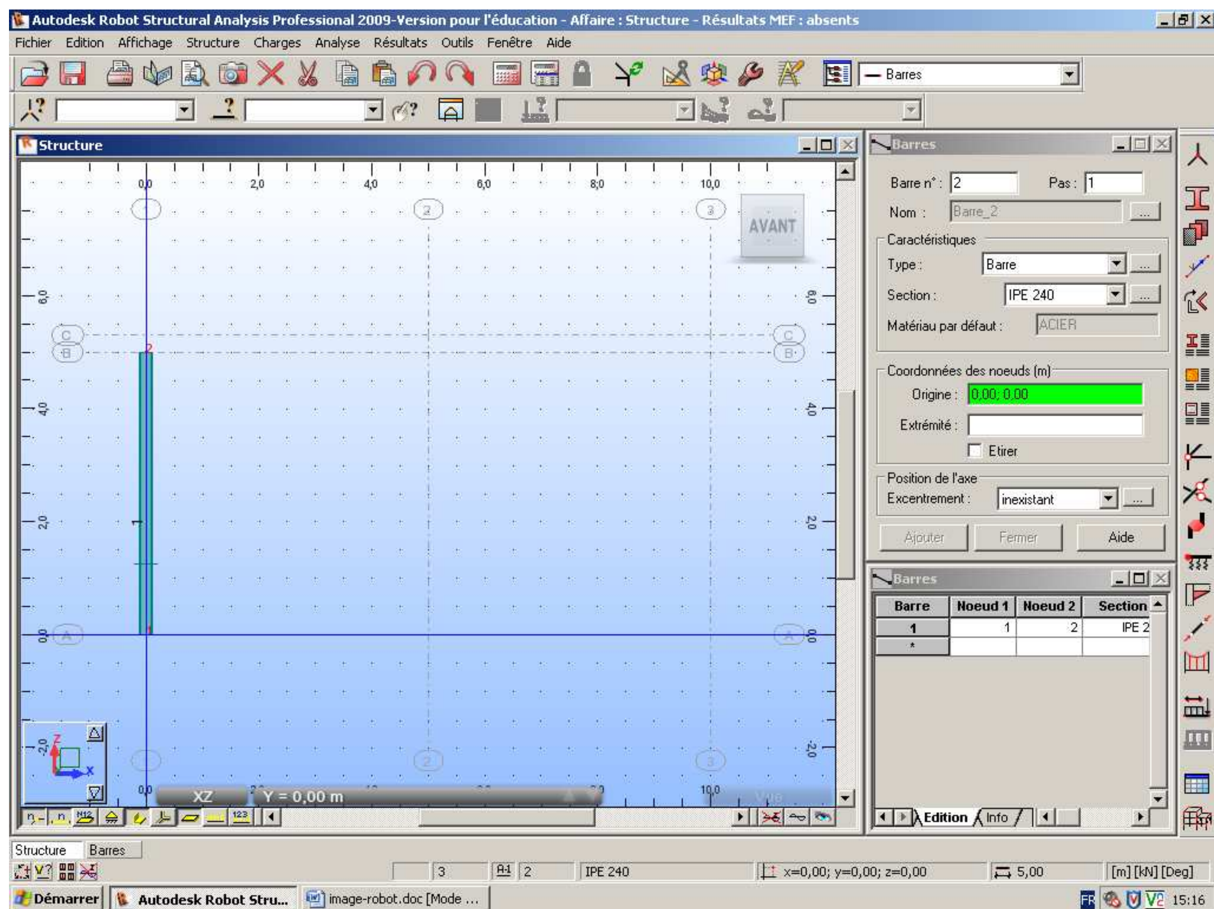
Lignes verticales :

onglet **X** : position 0, répétition 2, espacement 5 (**insérer**)

Lignes horizontales :

onglet **Z** : position 0 (**insérer**)
position 5.0 (**insérer**)
position 5.3 (**insérer**)
changer ensuite le libellé en A,B,C (**appliquer**).

• **Barres**

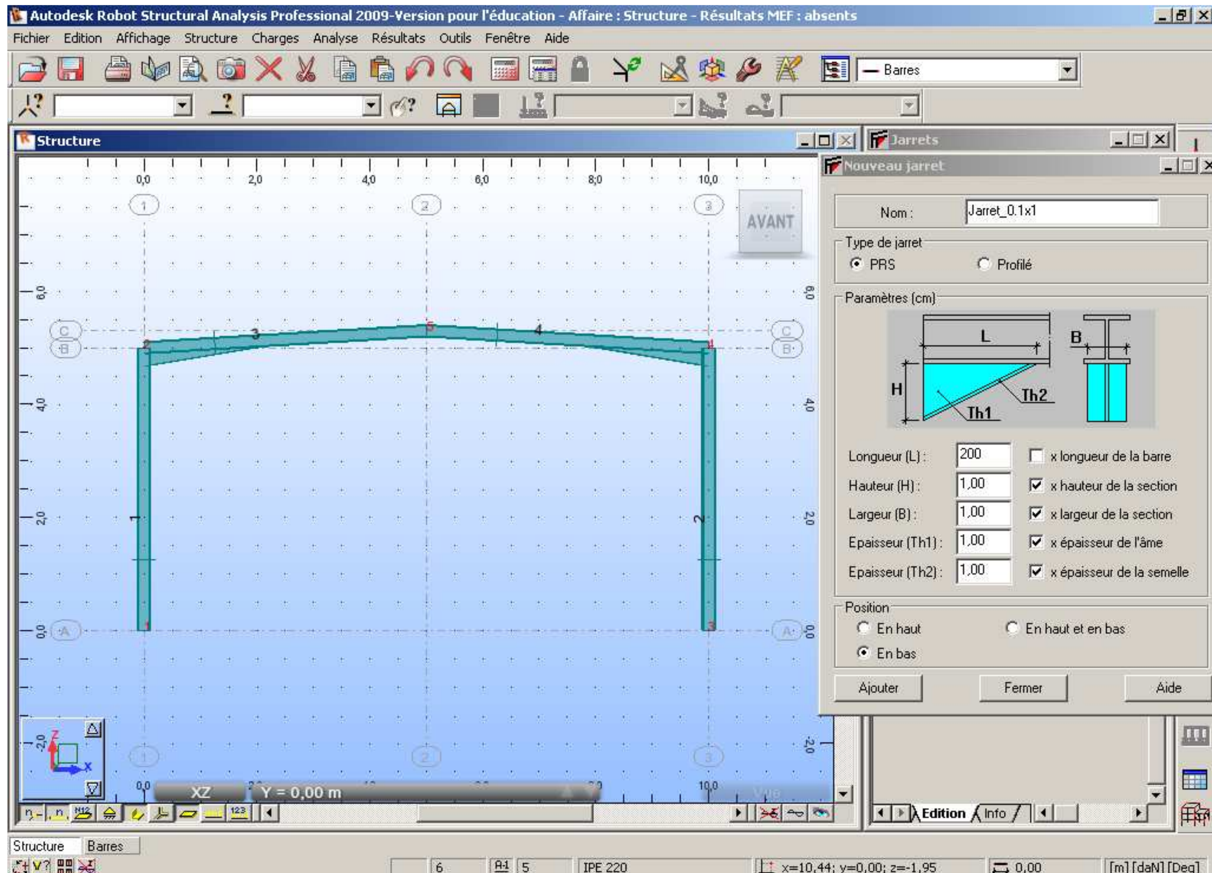


⟶ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner le bureau **Barres**

⟶ Dans la fenêtre **Barres**, sélectionner la section qui correspond à la barre que vous souhaitez modéliser (poteau : IPE 240, traverse : IPE220).
Si le profilé n'est pas disponible, cliquer sur les 3 points (...) à côté du champ **Section** et ajouter le nouveau profilé.

⟶ Définition des barres dans la structure étudiée. Clic dans le champ **Origine** (le champ devient vert), puis définition des barres à l aide de la souris et des lignes de construction.
Poteaux : (A1 - B1) et (A3 - B3)
Arbalétrier : (B1 - C2) et (C2 - B3)

• **Jarrets**



⟶ Définition des jarrets: Clic sur l'icône **jarret**

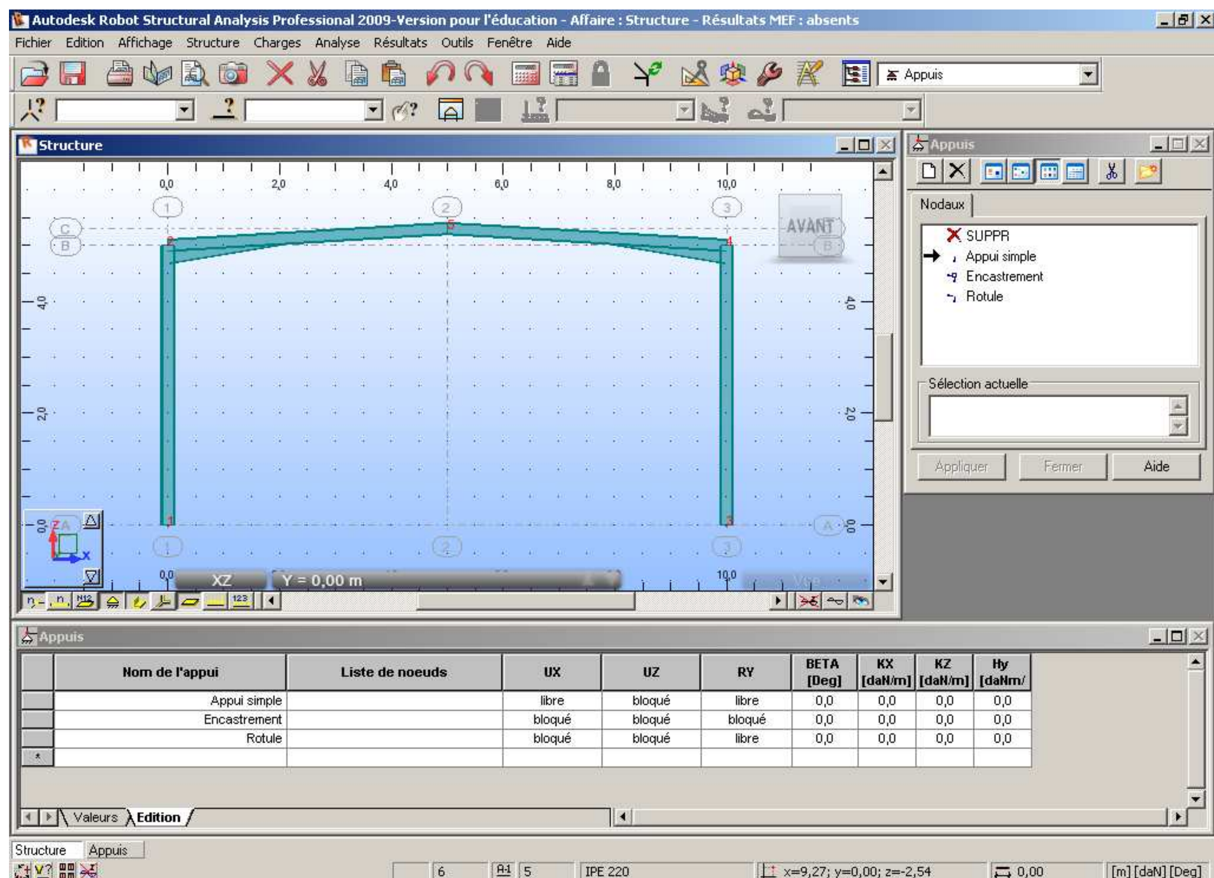
⟶ Ouverture des propriétés du jarret Jarret_01x1 : DoubleClic sur l'icône de Jarret_0.1x1

⟶ Définir un jarret de type profilé avec une longueur réelle du jarret de 2 m, et une hauteur de 1H (Attention aux unités).

Longueur (L) :	200,0	☐ x longueur de la barre
Hauteur (H) :	1,00	☑ x hauteur de la section

⟶ Clic sur Ajouter, puis Clic sur les deux arbalétriers dans la zone de position finale des jarrets.

• **Appuis**



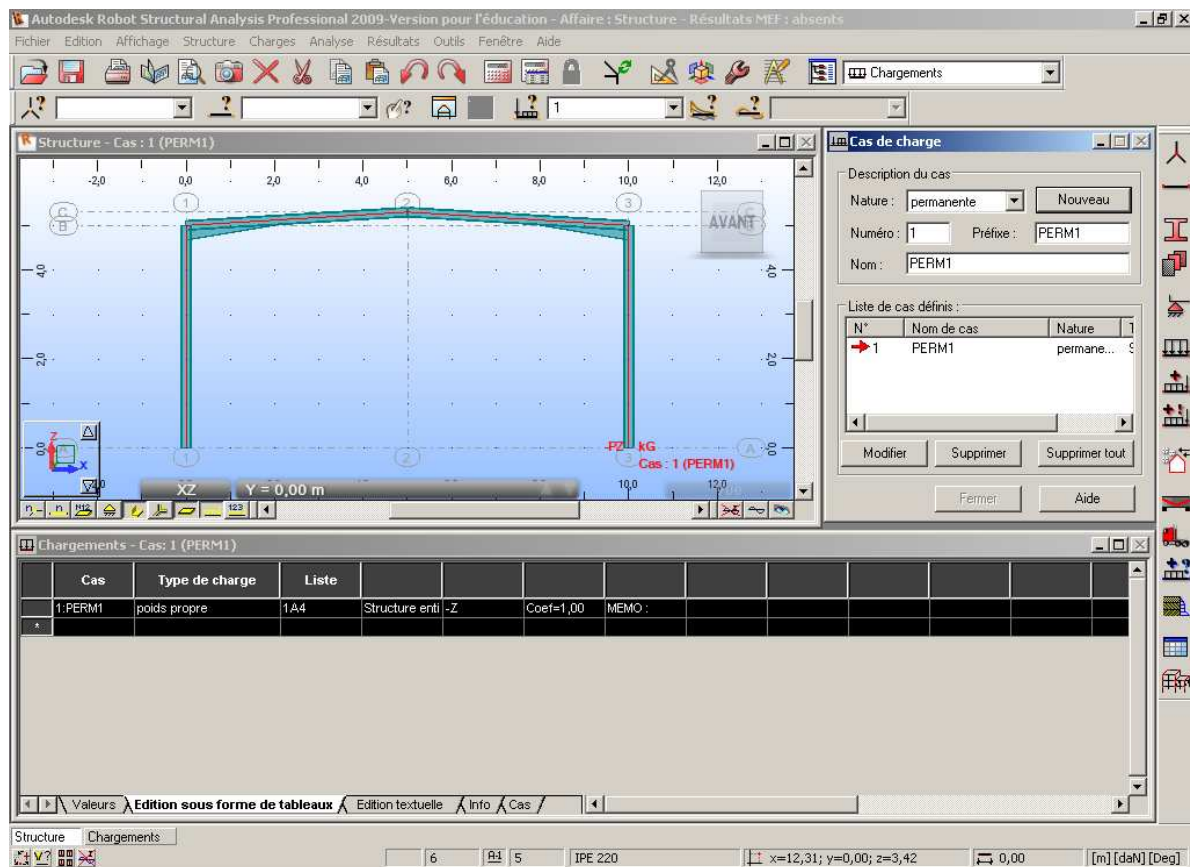
⟶ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner le bureau **Appuis**.



⟶ Dans la fenêtre **Appuis,** sélectionner **Rotule**.

⟶ Imposer l’appui en cliquant sur les nœuds concernés (bases des poteaux).

DEFINITION DES CHARGEMENTS



⟶ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner **Chargements**.



⟶ Définition d'un nouveau cas de charge (nature : permanente, nom standard PERM1). Clic sur le bouton **Nouveau** dans la boîte de dialogue **Cas de charge**.

Remarque : Dans la première ligne, le logiciel a appliqué de façon automatique le poids propre à toutes les barres de la structure (en direction Z).

● **Charge permanente due à la toiture multi-couches**

Clic sur l'icône **Définir charges** puis sur l'index **Barres**, puis sur **Charges uniformes**

⟶ Paramètres de la charge : Clic dans le champ intersection de la colonne "P" et de la ligne Z et saisir la valeur 135 (daN/m), puis **Ajouter**.

⟶ Sélectionner les deux barres composant l'arbalétrier.

● **Charge permanente due au bardage de long pan**

⟶ Clic sur l'index **Barres** puis sur **Charges uniformes**.

⟶ Paramètres de la charge : Clic dans le champ intersection de la colonne "P" et de la ligne Z et saisir la valeur 50 (daN/m), puis **Ajouter**.

⟶ Sélectionner les deux poteaux.

● **Charge d'exploitation due au palan**

⟶ Définition d'un nouveau cas de charge (nature : exploitation, nom standard : EXPL1).
Clic sur le bouton **Nouveau** dans la boîte de dialogue **Cas de charge** puis sur **Définir charges**.

⟶ Clic sur l'index **Barres** puis sur **Force et/ou Moment sur barre**.

⟶ Paramètres de la charge : Clic dans le champ intersection de la colonne "F" et de la ligne Z et saisir la valeur 800 (daN). Définir la coordonnée de la charge en **absolue** (2m), puis **Ajouter**.

⟶ Sélectionner l'arbalétrier de gauche et **Appliquer**.

● **Charge de neige et de vent**

⟶ Définition des charges de Neige et vent. Clic sur l'icône :

⟶ Définition des caractéristiques géométriques du bâtiment.
Pour définir l'enveloppe, Clic sur **Auto**, puis cocher « sans acrotère » et renseigner les champs **Profondeur** et **Entraxe** (50m et 5m).

⟶ Définition des paramètres globaux. Clic sur **Paramètres**.
Choisir par exemple le Lot et Garonne comme département. Toutes les autres valeurs par défaut restent correctes.
Clic sur l'onglet Vent, puis définir le site comme normal.

⟶ Calcul des charges de Neige et Vent : **Générer**.
Les notes de calcul concernant les paramètres de neige et vent apparaissent afin que vous puissiez contrôler les différents coefficients.
Après vérification, vous pouvez refermer ces fichiers.

● **Calcul des pondérations**

⟶ Activation du module Pondération : Clic sur l'icône pondération

⟶ Désactivation des pondérations accidentelles. Clic sur la coche située devant ACC.

⟶ Calcul des pondérations : **Calculer**.

ANALYSE DES RESULTATS

● Calculs

Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner **Résultats/Résultats**.
Le fait de choisir ce bureau provoque le démarrage automatique des calculs.

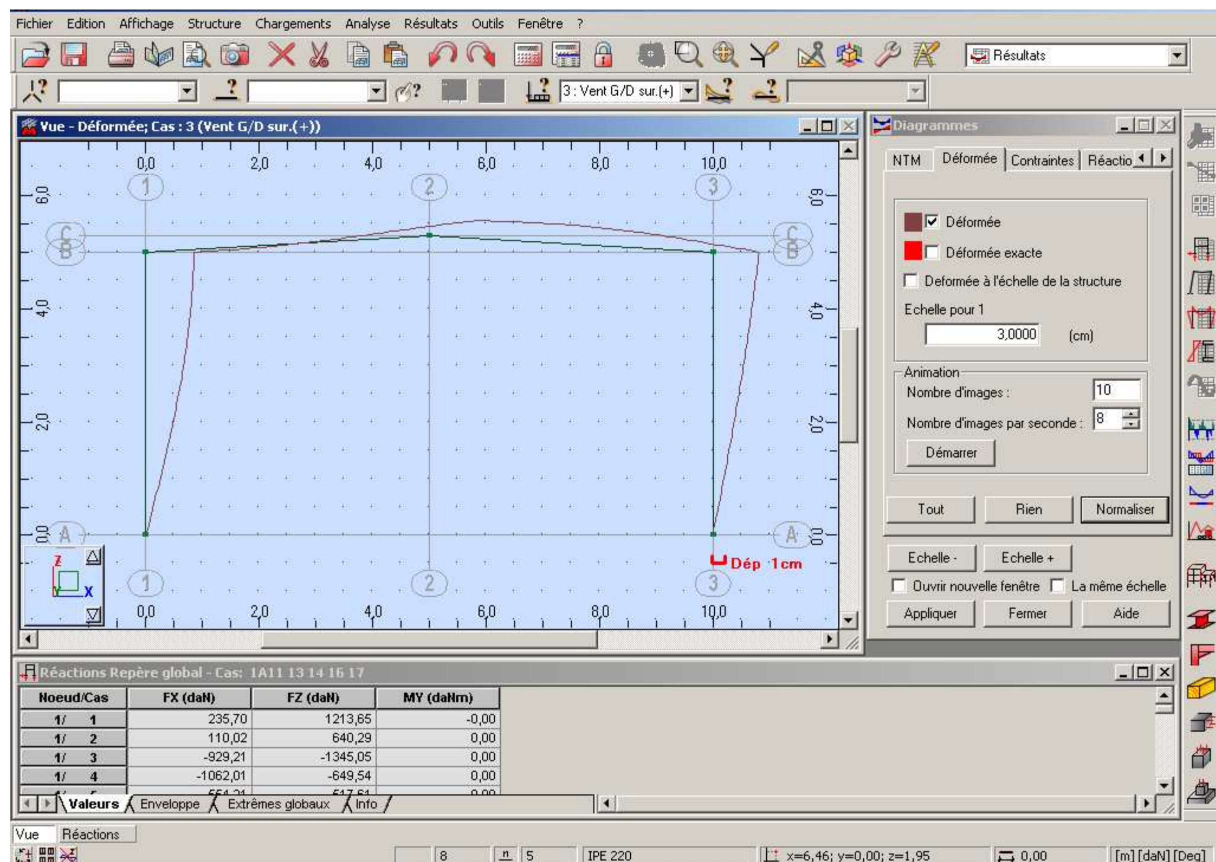
● Visualisation de la déformée de la structure

⟶ Sélection des résultats concernant un cas de charge de vent.

Dans le champ relatif au cas de charge, sélectionner Vent GD surpression.



⟶ Visualisation de la déformée de la structure sous le chargement de vent.
Dans la fenêtre **Diagrammes**, Clic sur l'onglet **Déformée** et activer l'option **Déformée**, puis **Appliquer**.



⟶ Désactivation des diagrammes.
Il est préférable ensuite de désactiver l'option **Déformée** pour éliminer des diagrammes parasites lors de l'exploitation d'autres résultats.

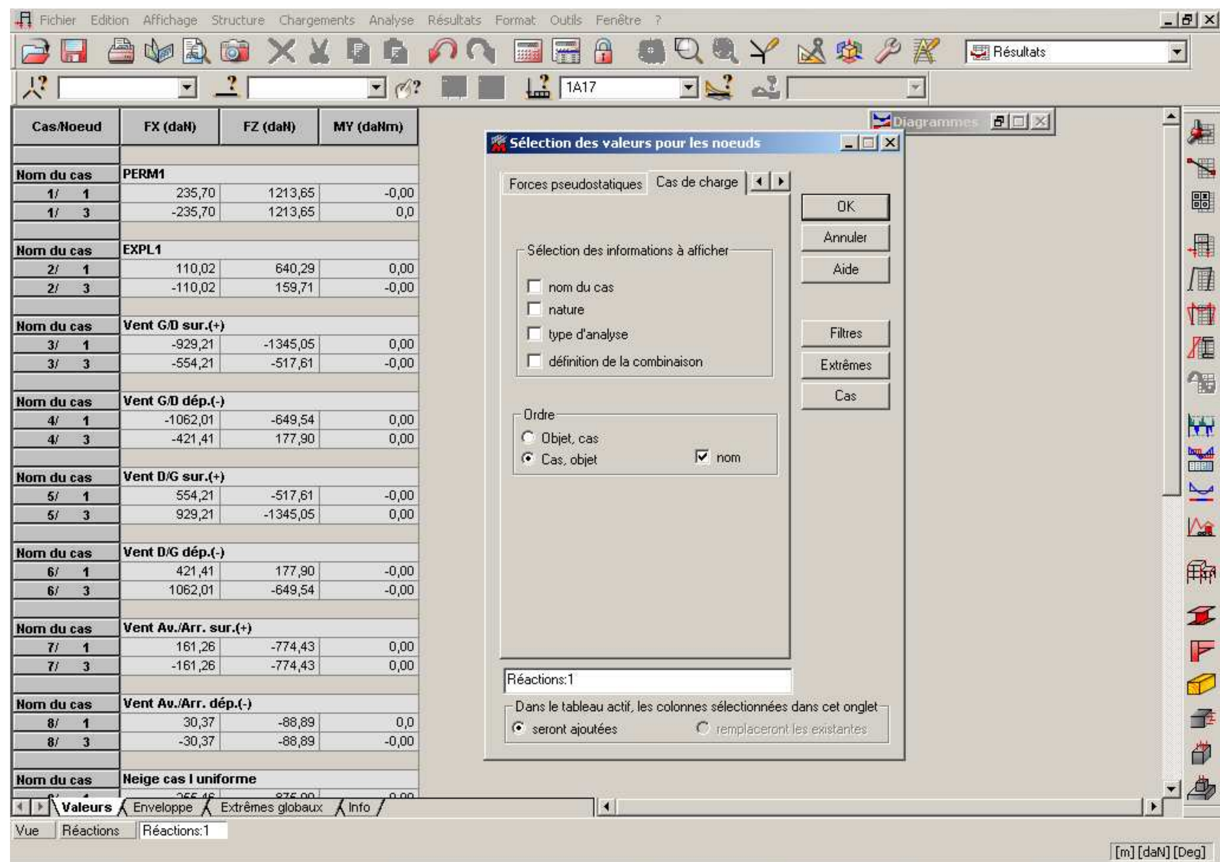
● Tableau de résultats

⟶ Modification du tableau de résultats concernant les réactions.
ClicBD dans le tableau **Réactions** (appel du menu contextuel).

→ Ajout du nom du cas de charge.
Sélection de l'option **Colonnes**, une boîte de dialogue s'ouvre alors.
Clic dans l'onglet **Cas de charge**. Puis Clic sur **Nom du cas**.

→ Opération de filtrage sur les résultats. Sélection des cas de charge simples.
ClicBD dans le tableau **Réactions** puis **Filtre,** remplacer **Nœud** par le mot clé **Cas**, puis sélectionner un par un tous les cas simples à l'aide d'un clic sur la double flèche.

→ Capture et enregistrement du tableau de résultats pour la future note de calcul.
ClicBD dans le tableau **Réactions**, puis **Capture d'écran.**
Donner un nom à cette capture d'écran puis **OK**.



DIMENSIONNEMENT

• Avant-propos

Dans la partie précédente, nous avons étudié le comportement de la structure sous diverses sollicitations. Maintenant, nous passons à l'étape de dimensionnement où nous allons vérifier les différentes pièces de la structure en tenant compte de la norme **CM66**.

Aussi, avant de poursuivre, il est important de s'arrêter sur les notions de barre, type de barre, pièce et famille. Expliquons ces différents termes :

Barre : Les paramètres de définition des barres sont relatifs à la géométrie (position, dimensions, sections) ainsi qu'au matériau. Ces paramètres sont nécessaires pour le calcul RDM.

Type de barre : Les paramètres de définition des types de barres sont relatifs au flambement, déversement et limitation de service. Ces paramètres sont nécessaires pour le dimensionnement par rapport aux normes.

Pièce : Une pièce est définie pour chaque barre (ou plusieurs barres dans le cas d'une superpièce) et intègre de ce fait les paramètres concernant la géométrie et le dimensionnement.

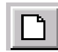
Famille : Une famille regroupe une ou plusieurs pièces. Par exemple, pour une table, nous pourrons considérer la famille Pied. Ainsi, la modification d'une pièce appartenant à la même famille se reportera sur les autres pièces de la famille.

Pour débuter le dimensionnement de notre portique, il nous faut maintenant définir les types de barres, les pièces et les familles relatives à la traverse et aux poteaux de notre structure. Pour cela, dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner :
Dimensionnement/Dimensionnement acier.

Nota important : les différents paramètres utilisés dans l'exemple qui va suivre sont donnés à titre indicatif.

• **<u>Création du type de barre pour la traverse</u>**

⟶ Activation de la fenêtre **Type de barre**. 

⟶ Création d'un nouveau type. 

⟶ Définir le nom (**TRAV**), les paramètres de flambement et de service (voir figure ci-dessous)

<u>Nota</u> :
La valeur de la longueur de flambement autour de l'axe Z est la distance entre pannes contreventées (ici : nous imposons 2,50 m).
Ne pas oublier **d'enregistrer** les modifications (dans la fenêtre définition de pièces et la fenêtre de définition CM66).

Flambement : Utilisateur

Calculé par ***ROBOT***

Déversement :

Service :

Déplacement vertical de poutre
Attention : définit par rapport au repère local de la barre

On peut définir une contre flèche de fabrication, cette valeur viendra en soustraction de la flèche max. sous combinaisons ELS (DEP)

• **Création de la super-pièce Traverse**

⟶ Activation de l'onglet **Pièces** dans la fenêtre **Définitions CM66**.
Création d'une nouvelle pièce : Cliquer sur **Nouveau.**

Remarque :
Le logiciel crée par défaut, une pièce pour chaque barre définie.

⟶ Définir la liste des barres (numéro des deux arbalétriers, par exemple : 3 et 4), le nom de la pièce (traverse) et affecter le type de barre précédemment définie (TRAV) puis **Enregistrer**.

• **Création du type de barre pour les poteaux**

⟶ Activation de la fenêtre **Type de barre**.

⟶ Création d'un nouveau type.

⟶ Définir le nom (**POT**), les paramètres de flambement et de service (voir figure ci-dessous).

Paramètres pour les poteaux

Double-Clic
Sur l'icone

Rentrer le numéro de la super pièce

On peut vérifier le coef. de flambement en plaçant dans le champ "Tester la barre" le numéro du poteau (ici Lfy=2.74 x Lo)

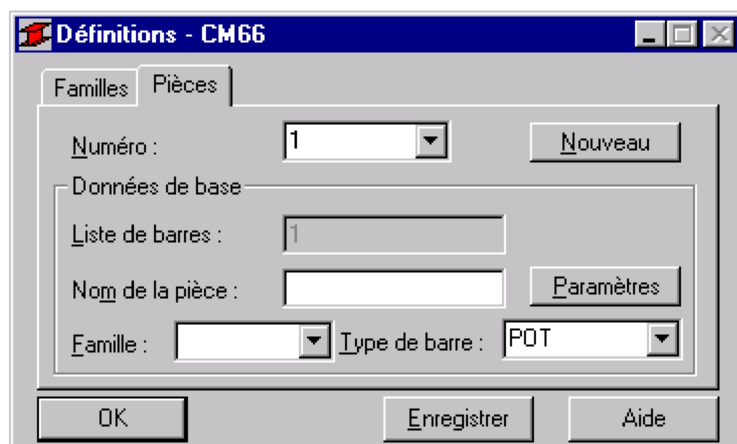
Déplacement horizontal
Attention : défini par rapport au repère global

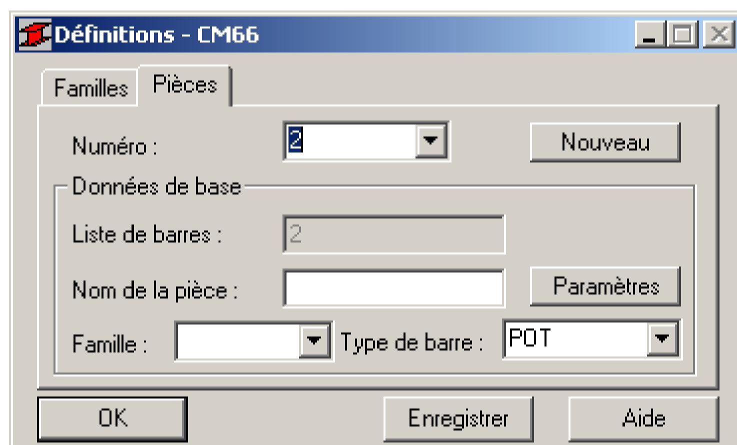
• **Définition des pièces Poteau**

Pour la définition des pièces poteau, il suffit d'affecter aux barres 1 et 2 le type de barre POT précédemment défini.

⟶ Activation de l'onglet **Pièces** dans la fenêtre **Définitions CM66**.

⟶ Afficher la barre numéro 1 et affecter le type de barre POT puis **Enregistrer**.
Réaliser la même opération pour la barre 3.





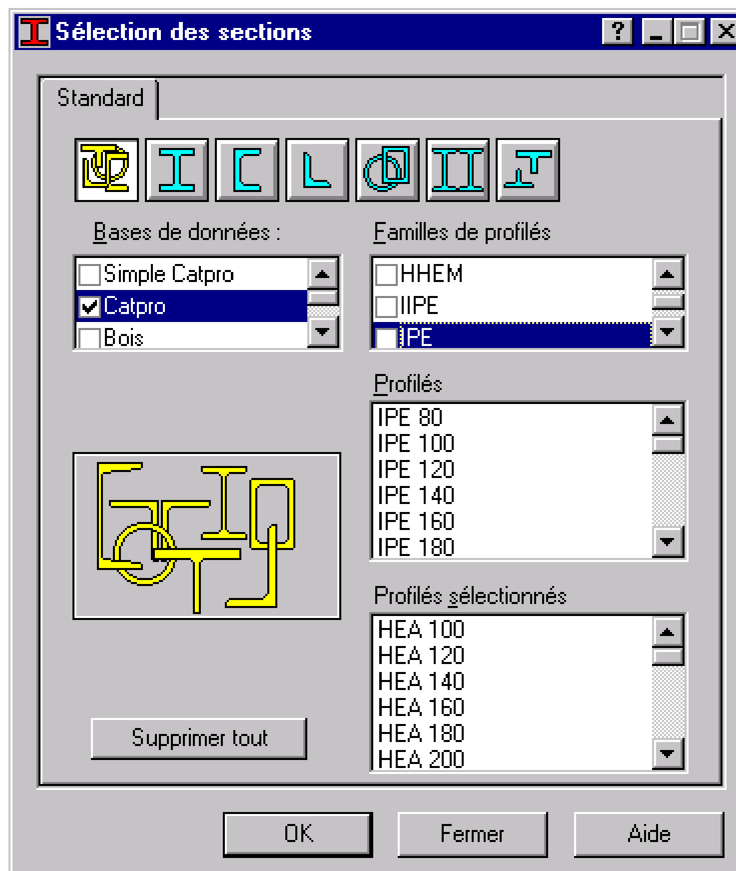
Création de la famille Poteaux

⟶ Activation de l'onglet **Familles** dans la fenêtre **Définitions CM66**.

⟶ Définir une nouvelle famille. Clic sur **Nouveau**.

⟶ Définir le nom de la famille (poteaux) et le numéro des pièces formant cette famille (1, 2).





⟶ Définir les sections susceptibles d'être utilisées dans cette famille.
Clic sur **Sections** puis sélectionner les profilés de type IPE et HEA.

⟶ Terminer par **Enregistrer**.

• **Création de la famille Traverse**

Opérer de la même manière que pour la famille Poteaux.

⟶ Définir une nouvelle famille. Clic sur **Nouveau**.

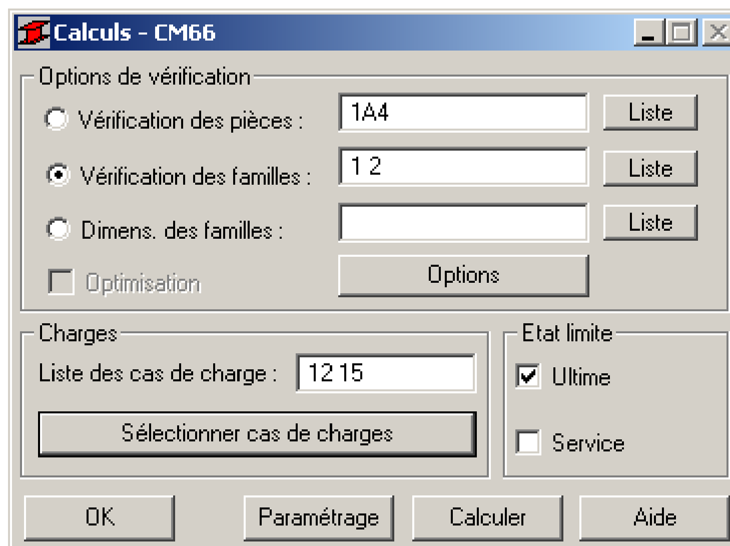
⟶ Définir le nom de la famille (traverse) et le numéro de la pièce formant cette famille (5).

⟶ Définir les sections susceptibles d'être utilisées dans cette famille.
Clic sur **Sections** puis sélectionner les profilés de type IPE.

⟶ Terminer par **Enregistrer**.



• **Vérification des familles en contrainte**



⟶ Sélectionner **Vérification des familles** et saisir les familles 1 et 2.

⟶ Dans **Sélectionner cas de charges**, sélectionner les combinaisons EFF (12) et DEP (15).

⟶ Pour la vérification en contrainte, cocher Etat limite **Ultime** et lancer **Calculer.**

Résultats

Les deux profilés sont corrects vis à vis de la contrainte (Ok) mais on bénéficie d'une réserve de résistance (ratio << 1).

Remarque : Le Ratio définit le rapport de la contrainte de calcul sur la contrainte ultime du matériau (235 daN/cm² pour l'acier).

CM66 - Vérification des familles (ELU) 1 2

Résultats | Messages

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
Famille : 2 traverse						
5 5	OK 220	ACIER E24	94.36	100.60	0.53	12 EFF /33/
Famille : 1 poteaux						
1	OK IPE 240	ACIER E24	130.54	185.68	0.81	12 EFF /104/

Note de calcul | Fermer | Aide | Taux de travail

Points de calcul
division : n = 3
extrêmes : aucun
additionnels : aucun

Note de calcul

Pour inspecter une note de calcul, cliquer sur OK de la famille Poteaux.

Résultats - norme - CM66

Auto
IPE 240

Famille : 1 poteaux
Pièce : 1
Point / Coordonnée : 3 / x = 1.00 L = 5.00 m
Cas de charge : 12 EFF /104/ 1*1.00 + 2*1.00 + 6*1.75 + 9*0.83

Profil correct

OK

Résultats simplifiés | Résultats détaillés

Changer

CONTRAINTES
SigN = 2493.96/39.116 = 0.64 daN/mm2
SigFy = 5474.76/324.302 = 16.88 daN/mm2

DEVERSEMENT

FLAMBEMENT y
Ly=5.00 m Muy=19.08
Lfy=13.02 m k1y=1.02
Lambda y=130.54 kFy=1.09

FLAMBEMENT z
Lz=5.00 m Muz=9.43
Lfz=5.00 m k1z=1.04
Lambda z=185.68

Efforts | Détaillée | Note de calcul

RESULTATS
k1*SigN + kFy*SigFy = 1.04*0.64 + 1.09*16.88 = 19.01 < 23.50 daN/mm2 (3.521)

1.54*Tauz = |1.54*-0.60| = |-0.93| < 23.50 daN/mm2 (1.313)

Aide

où Lfy = 5 x 2,60 = 13,02 m

Résultats - norme - CM66

IPE 240 — Auto

Famille : 1 poteaux
Pièce : 1
Point / Coordonnée : 3 / x = 1.00 L = 5.00 m
Cas de charge : 12 EFF /104/ 1*1.00 + 2*1.00 + 6*1.75 + 9*0.83

Profil correct

OK — Changer — Efforts — Détaillée — Note de calcul — Aide

Résultats simplifiés | Résultats détaillés

Symbole	Valeur	Unité	Description du symbole	Article
Caractéristiques de la section : IPE 240				
Ax	39.116	cm2	aire de la section	
Ay	23.520	cm2	aire efficace en cisaillement dans la direction y	
Az	14.880	cm2	aire efficace en cisaillement dans la direction z	
Ix	11.600	cm4	moment d'inertie de torsion	
Iy	3891.630	cm4	moment d'inertie par rapport à l'axe y	
Iz	283.634	cm4	moment d'inertie par rapport à l'axe z	
Wely	324.302	cm3	module de flexion élastique par rapport à l'axe y	
Welz	47.272	cm3	module de flexion élastique par rapport à l'axe z	
ht	24.0	cm	hauteur de la section	
bf	12.0	cm	largeur de la section	
es	1.0	cm	épaisseur de l'aile	
ea	0.6	cm	épaisseur de l'âme	
ry	10.0	cm	rayon de giration par rapport à l'axe y	

• Vérification des familles en flèche

Pour la vérification en flèche, cocher Etat limite **Service** et lancer **Calculer**

Résultats

La famille Traverse est correcte mais pas la famille Poteaux.

CM66 - Vérification des familles (ELS) 1 2

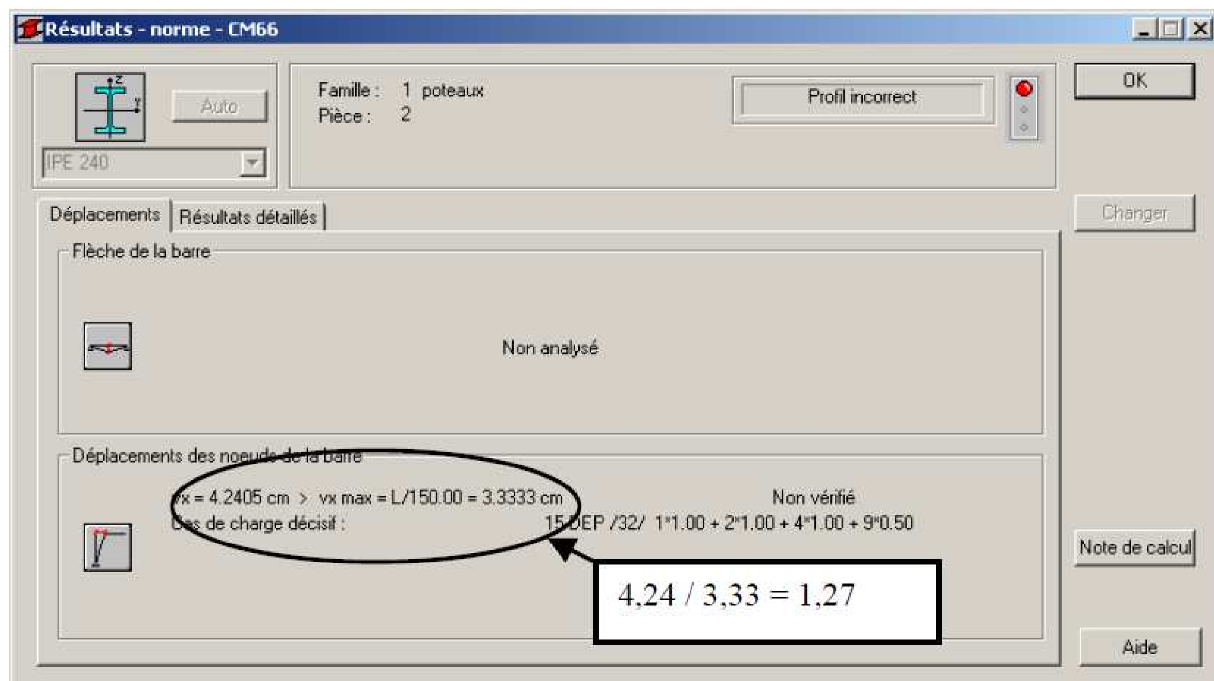
Résultats | Messages

Pièce	Profil	Matériau	Ratio(uz	Cas (uz)	Ratio(vx)	Cas (vx)
Famille : 1 poteaux						
2	IPE 240	ACIER E24	-	-	1.27	15 DEP /32/
Famille : 2 traverse						
5 5	220	ACIER E24	0.52	15 DEP /17/	-	-

Note de calcul — Fermer — Aide — Taux de travail

Points de calcul
division : n = 3
extrêmes : aucun
additionnels : aucun

Il est possible d'examiner le détail des calculs (Clic sur la croix rouge) :



• **<u>Dimensionnement de familles en contrainte</u>**

Nous allons maintenant utiliser l'outil de dimensionnement de familles en contrainte où **ROBOT** va faire une recherche automatique des profilés optimums parmi les types de sections que nous avions définis.

⟶ Cocher **dimensionnement de familles** et saisir les familles 1 et 2.

⟶ Saisir **Etat limite ultime**, puis **Calculer**.

Résultats

CM66 - Dimensionnement des familles (ELU) 1 2

Pièce	Profil	Lay	Laz	Ratio	Cas
Famille : 1 Poteaux					
1	HEA 160	190.50	125.48	1.30	10 EFF /74/
	HEA 180	168.01	110.61	0.91	
	HEA 200	151.10	100.38	0.66	
1	IPE 220	150.33	201.79	1.08	10 EFF /74/
	IPE 240	137.36	185.68	0.81	
	IPE 270	122.05	165.40	0.59	
Famille : 2 Traverse					
7 traverse	IPE 180	120.99	123.88	1.24	10 EFF /69/
	IPE 200	108.83	113.54	0.89	
	IPE 220	98.57	102.48	0.65	

Note de calcul — Fermer — Aide — Changer tout

Pour chaque famille de profilé, le logiciel affiche trois lignes :

Par exemple, pour la famille Poteaux et les sections IPE, on a :

- IPE 220 : le profilé n'est pas satisfaisant (ratio >1).
- IPE 240 : le profilé est satisfaisant (**en contrainte**).
- IPE 270 : le profilé est trop performant.

Comme vous le remarquez, pour les résultats dans la famille Poteaux, le logiciel affiche les résultats pour les IPE et les HEA car nous avions défini précédemment pour cette famille deux catégories de profilés.

• <u>Dimensionnement de familles en contrainte avec optimisation sur le poids</u>

⟶ Cocher **dimensionnement de familles** et saisir la famille 1.

⟶ Cocher **Optimisation** et cliquer sur **Options**.

⟶ Sélectionner **Poids** et **Calculer**.

Résultats

CM66 - Dimensionnement des familles (ELU) 1 2

Résultats | Messages

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
Famille : 1 poteaux						
1	IPE 220	ACIER E24	134.17	201.79	1.06	12 EFF /104/
	IPE 240		130.54	185.68	0.81	
	IPE 270		127.07	165.40	0.60	
1	HEA 160	ACIER E24	173.50	125.48	1.26	12 EFF /104/
	HEA 180		161.59	110.61	0.91	
	HEA 200		155.56	100.38	0.67	

Note de calcul | Fermer | Aide | Changer tout

Points de calcul
division : n = 3
extrêmes : aucun
additionnels : aucun

Nous retrouvons dans le tableau des résultats, les trois profilés proposés pour chaque famille. De plus, le signe **T** sur la ligne IPE 240 indique que celui-ci est plus léger que le HEA 180.

• **<u>Conclusion sur le dimensionnement</u>**

Le module dimensionnement permet de trouver le profilé optimal en **contrainte**. Nous constatons que **ROBOT** préconise un IPE 240 identique à notre choix de départ (une première estimation). Or, la vérification de l'IPE 240 en flèche nous démontre que le profilé est insuffisant.

Effectivement, la flèche est l'élément dimensionnant dans certaines structures, il serait donc licite de faire un dimensionnement en flèche. Malheureusement, le dimensionnement automatique en flèche est impossible. Pour justifier ce constat, il nous faut expliquer le fonctionnement du dimensionnement.

- <u>Le dimensionnement aux ELU (EFF)</u> :

Le logiciel va chercher dans une bibliothèque les caractéristiques des profilés (S, W_y et W_z) et applique celles-ci aux efforts (N, M_y et M_z) en négligeant le poids propre. Le logiciel commence le calcul par le plus petit profilé (IPE 80 par exemple) pour s'arrêter sur le premier profilé correct (optimal). Ce calcul est rapide car les efforts (N, M_y et M_z) ne sont pas variables en fonction du type de profilé (poids propre négligé), le logiciel n'a donc pas besoin de relancer les calculs RDM à chaque itération.

- <u>Le dimensionnement aux ELS (DEP)</u> :

A chaque changement de profilé, le logiciel devrait relancer les calculs RDM car la rigidité du portique change et cela donnerait des temps de calcul très longs. De plus, la solution finale ne satisferait pas l'utilisateur car il y a plusieurs solutions possibles pour optimiser un portique en flèche. Raisonnons sur notre exemple :

- 1ère solution : Augmenter le gabarit du poteau.
- 2ème solution : Augmenter le gabarit de la traverse (même si elle passe largement).
- 3ème solution : Augmenter le jarret.
- 4ème solution : Modifier les appuis (articulé encastré).
- 5ème solution : Additionner les solutions énumérées ci-dessus.

C'est pour ces différentes raisons que le dimensionnement aux ELS (DEP) est impossible.

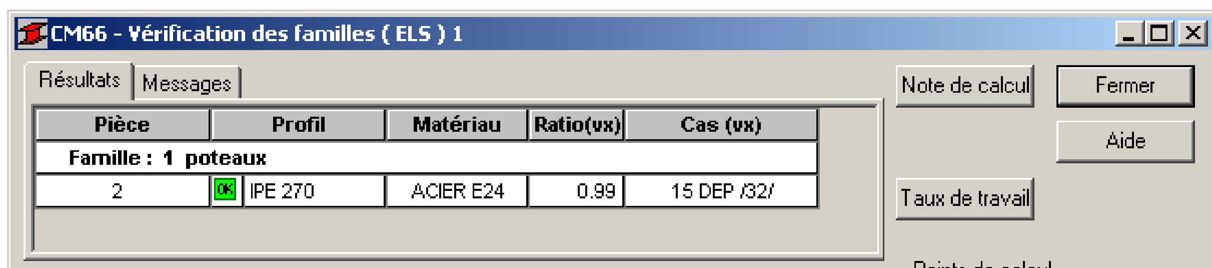
• **Optimisation du portique**

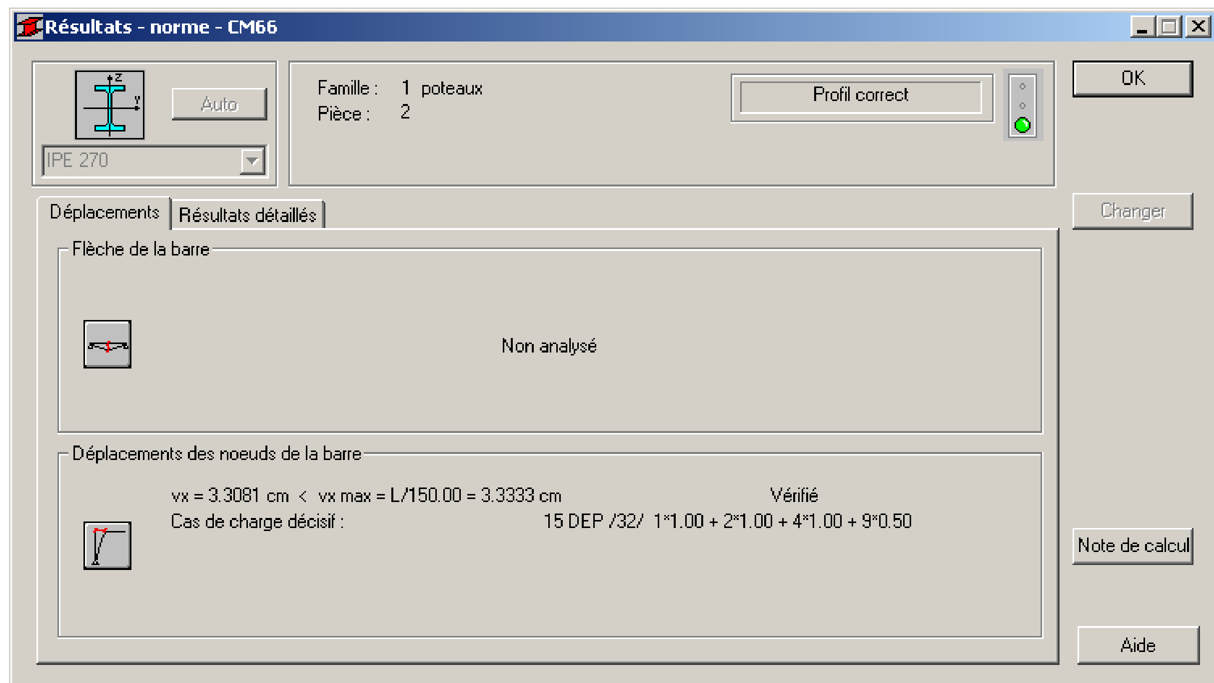
Comme nous l'avons constaté dans les paragraphes précédents, les familles Poteaux et Traverse respectent les conditions de contrainte (<23,5 daN/mm²).

Par contre, le poteau sort du domaine des conditions limites de flèche (1/150). Nous allons donc choisir une solution qui permet d'augmenter la rigidité du portique (solution optimale trouvée après divers essais), à savoir :

• Changer le profilé des poteaux de IPE 240 en IPE 270.
• Modifier le jarret (passer de 200 cm à 230 cm).
• Relancer les calculs RDM (car la rigidité du portique a changé).
• Faire la vérification de la famille 1 en service.

Soit le résultat suivant :





OK vis-à vis de la valeur admissible du déplacement.

Nota important : Nous n'avons pas fait la vérification en contrainte de la famille Poteaux car la section IPE 240 passait largement.

Conclusion

Le **dimensionnement de famille** permet d'optimiser les profilés en contrainte et non en flèche. Ce calcul permet donc de donner un ordre de grandeur du gabarit des profilés à mettre en place (ceux-ci seront optimaux si la flèche n'est pas dimensionnante pour la structure étudiée). Il est impératif de faire la vérification en contrainte (EFF) et surtout en flèche (DEP) des familles car ce sont ces conditions qui permettront de justifier votre structure.

LES AUTRES PARAMETRES DU DIMENSIONNEMENT ACIER

• Paramétrage

Accessible dans la fenêtre « Calcul CM66 » / bouton Paramétrage :

Nombre de points de calcul sur point au milieu la barre : ici un point à chaque extrémité + un point au milieu

Taux de travail max.= 100%

Si l'élancement de votre profilé dépasse 210, l'élément sera déclaré comme instable

Si vous faites une vérification de pièces sur l'ensemble des pièces (1 à 4 et 5) et que l' option ***Barres composants la pièce non prises en compte*** est cochée, le logiciel ne calculera que les pièces 1, 3 et 5.
Dans le cas où l'option n'est pas cochée, le logiciel calculera que les pièces 1,2,3,4 et 5

Paramètres
Points de calcul
Nombre de points : 3
Points caractéristiques
Options
OK
Annuler
Aide
Paramètres de calcul
Taux de travail : 1,00
Elancement maximal : 210,00
Barres composant la pièce non prises en compte
Prise en compte du coefficient d'adaptation plastique
Efforts internes considérés dans les calculs
Forces: Fx Fy Fz
Moments: Mx My Mz
Unités de résultats
Réglementaires Robot
Contreflèche
Prendre en compte les flèches dues aux cas:
1 PERM1

• Raidisseurs internes

Sélectionner l'icone

Coefficient de longueur
ld = 2lo
ld = lo
ld = 0.5 lo
ld = 1,00 lo
Renforts intermédiaires
OK
Annuler
Aide

Rentrer les coordonnées des raidisseurs ainsi que les coeff. de flambement entre raidisseurs.
Si 2 coordonnées, alors on a 3 coefficients

Nota : les icones (1, 0.5, 0.7, 2) sont sans effet dans cette version (version13.0).

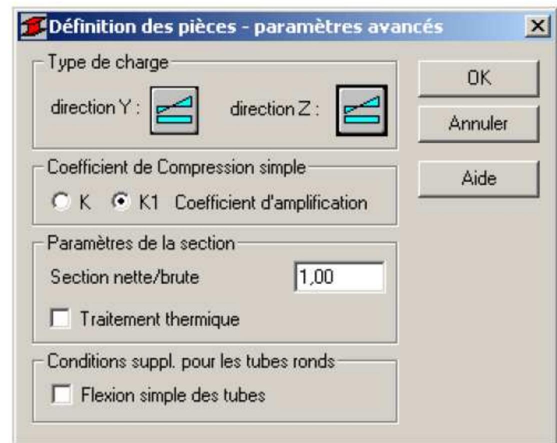
Raidisseurs internes
Schéma de base de la barre
1.0 0.5 0.7 2.0
OK
Annuler
Aide
Coordonnées des raidisseurs existants
0.3 0.6
réelles relatives
Coeff. de flamb. des segments composants
1 1 1

• **Paramètres avancés**

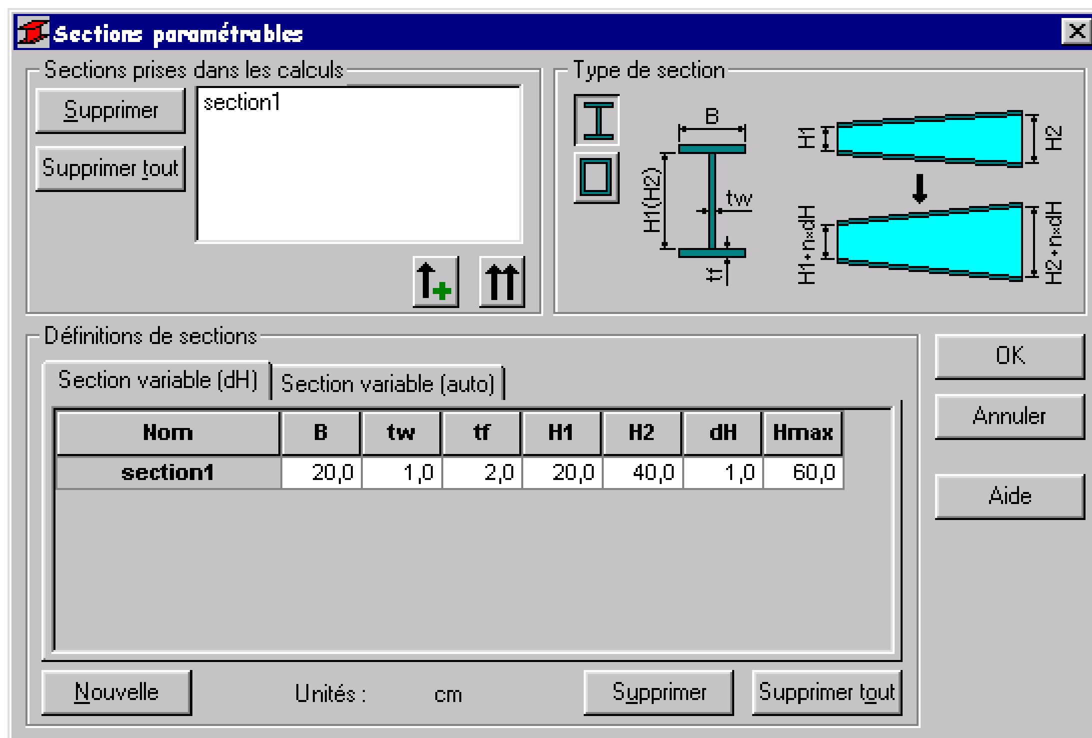
Diagramme pour les coef. De flambement K_{fy} et K_{fz}

Rapport entre section nette et section brute pour le calcul des éléments soumis à la traction

Cette option permet de tenir compte des contraintes sur le diamètre du tube



• **Sections paramétrables**



L'option section paramétrable permet de définir des PRS à inerties constantes ou variables en hauteur que cela soit en forme de I ou de tube carré. Le calcul est effectué par boucles successives par incrément de hauteur (dH), le processus s'arrête lorsqu'une section respecte les critères de contraintes.

⟶ Clic sur **Nouvelle**.

⟶ Saisir les données relatives à la section transversale.

⟶ Ajouter la section paramétrée.

ASSEMBLAGES

• Avant-propos

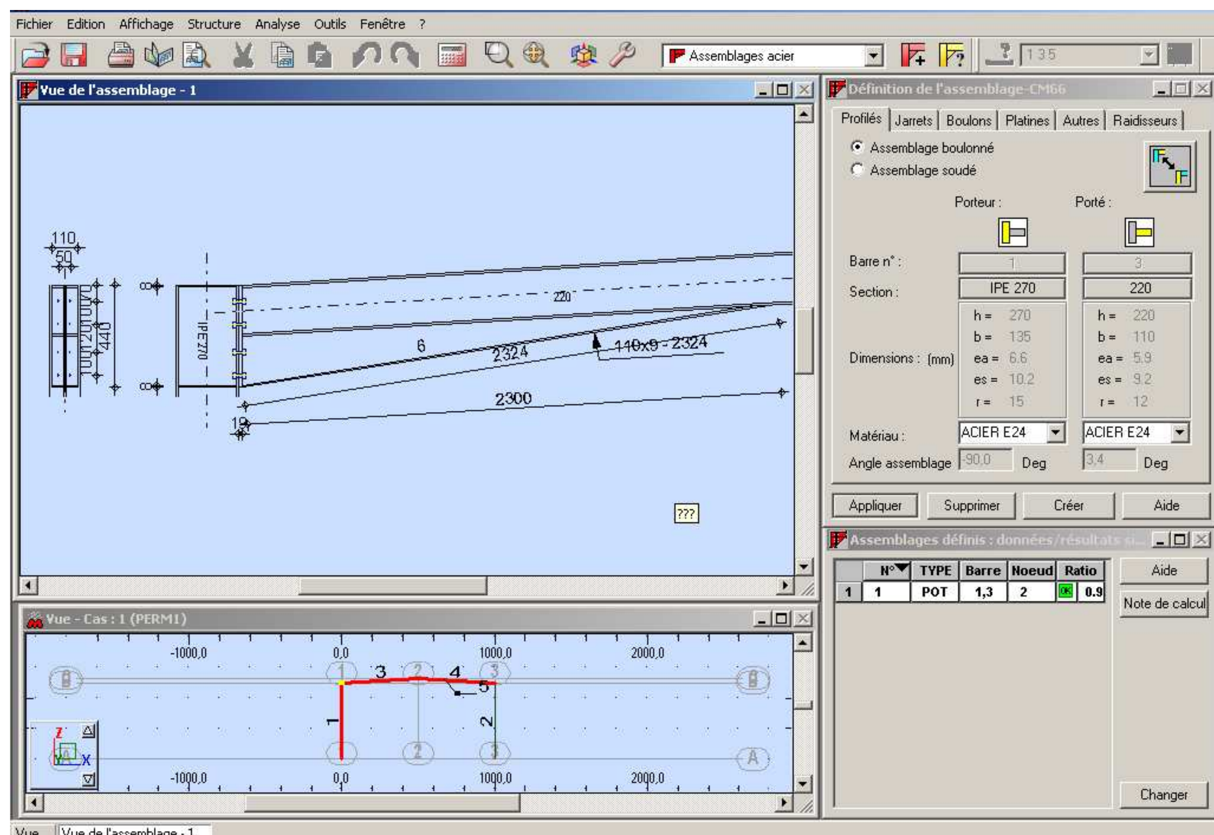
Dans la partie précédente, nous avons dimensionné la structure d'après la norme CM66. Maintenant, il nous reste à définir les assemblages entre les différents éléments. Nous nous concentrerons alors sur les assemblages poteau/traverse et pied de poteau.

• Assemblage Poteau/traverse

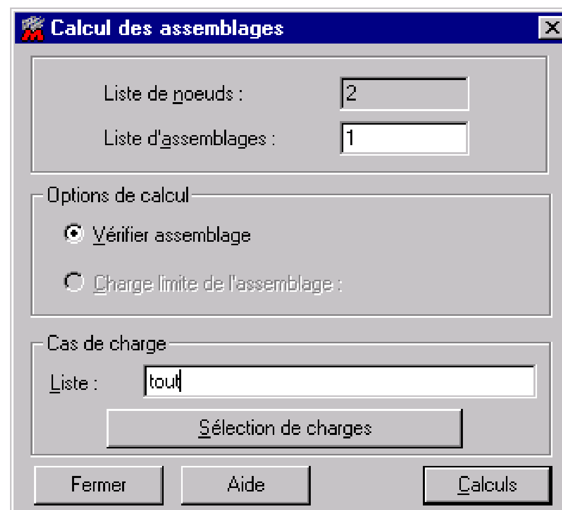
⟶ Dans la liste des bureaux disponibles, sélectionner le bureau **Dimensionnement assemblage acier**.

⟶ Dans la fenêtre **Vue**, sélectionner le poteau gauche extrême et la travée puis **Créer**. Il apparaît le dessin de l'assemblage défini ci-dessous.

⟶ Définir les différentes options pour l'assemblage dans la fenêtre **Définition de l'assemblage CM66**.



⟶ Vérification de l'assemblage. Clic dans la fenêtre **Vue de l'assemblage**, puis **Analyse/Calculer** pour ouvrir la boite de dialogue du calcul.

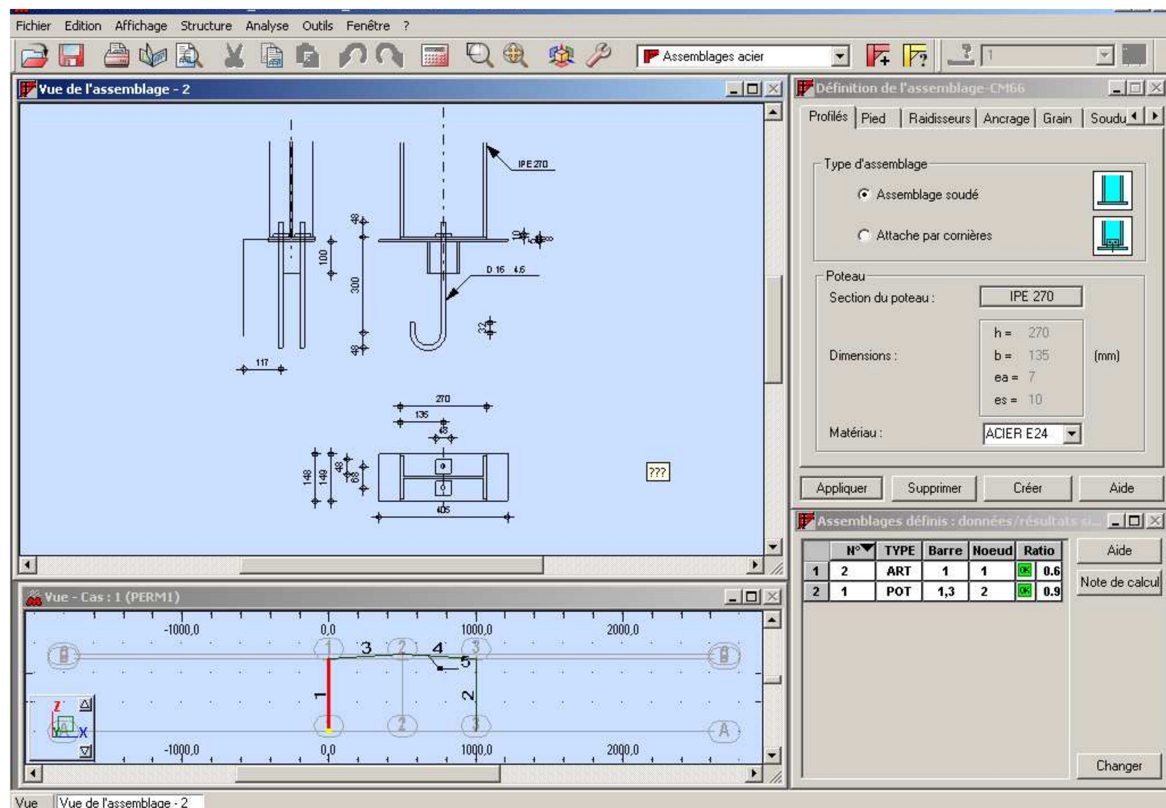


⟶ Dans le champ **Liste** relatif aux cas de charge, saisir Tout, puis **Calculs**.

⟶ Dans la fenêtre **Assemblages définis**, clic sur le bouton **Note de calculs** afin de récupérer les différents éléments de calculs relatifs à l'assemblage défini.

• **Assemblage Pied de poteau**

⟶ Pour l'assemblage pied de poteau, il s'agit de réaliser la même démarche que celle présentée précédemment, en sélectionnant maintenant un poteau et le noeud de pied associé. L'assemblage est présenté ci-dessous.



N°	TYPE	Barre	Noeud	Ratio
1	ART	1	1	0.6
2	POT	1,3	2	0.9

NOTE DE CALCUL

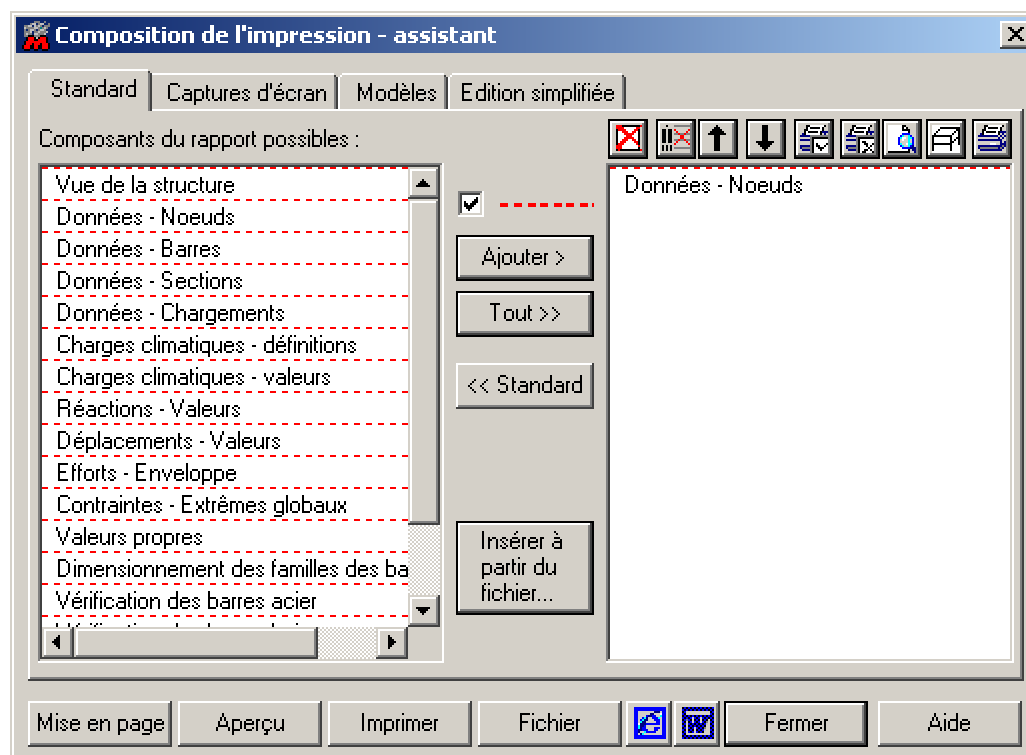
• Avant-propos

La création de la documentation pour le projet étudié est une étape importante. A l'issue de votre étude, **ROBOT** vous offre de nombreuses possibilités pour configurer la documentation afin qu'elle réponde à vos besoins.
Les notes de calcul regroupent toutes les informations saisies par l'utilisateur, les résultats des calculs ainsi que les résultats du dimensionnement. De plus, tous les graphiques, tableaux et vues issues de **ROBOT** peuvent être intégrés dans la note de calcul.

• Composition de l'impression

ROBOT vous permet de composer librement vos impressions.

⟶ Sélectionner la commande **Fichier/Composer impression**, le logiciel affiche la boîte de dialogue représentée sur la figure ci-dessous.



Dans cette boîte de dialogue, les éléments que vous avez créés en vue d'une impression future peuvent être utilisés pour composer une impression.

La boîte de dialogue **Composition de l'impression Assistant** comprend donc quatre onglets :

Standard

La boite de dialogue correspondant à l'onglet Standard est présentée ci-dessus. Dans cette boite, sont intégrées les données de base à propos de la structure (modèle de la structure,

informations sur les noeuds et sur les barres formant la structure, charges appliquées), les résultats obtenus lors de l'analyse de la structure (réactions d'appuis, déplacements, les efforts internes, contraintes, valeurs propres pour l'analyse dynamique) et les informations concernant le dimensionnement et la vérification des éléments de la structure acier (barres et assemblages).

Ainsi, il est possible de composer son impression en sélectionnant les différents éléments de la fenêtre de gauche pour les amener dans la fenêtre de droite.

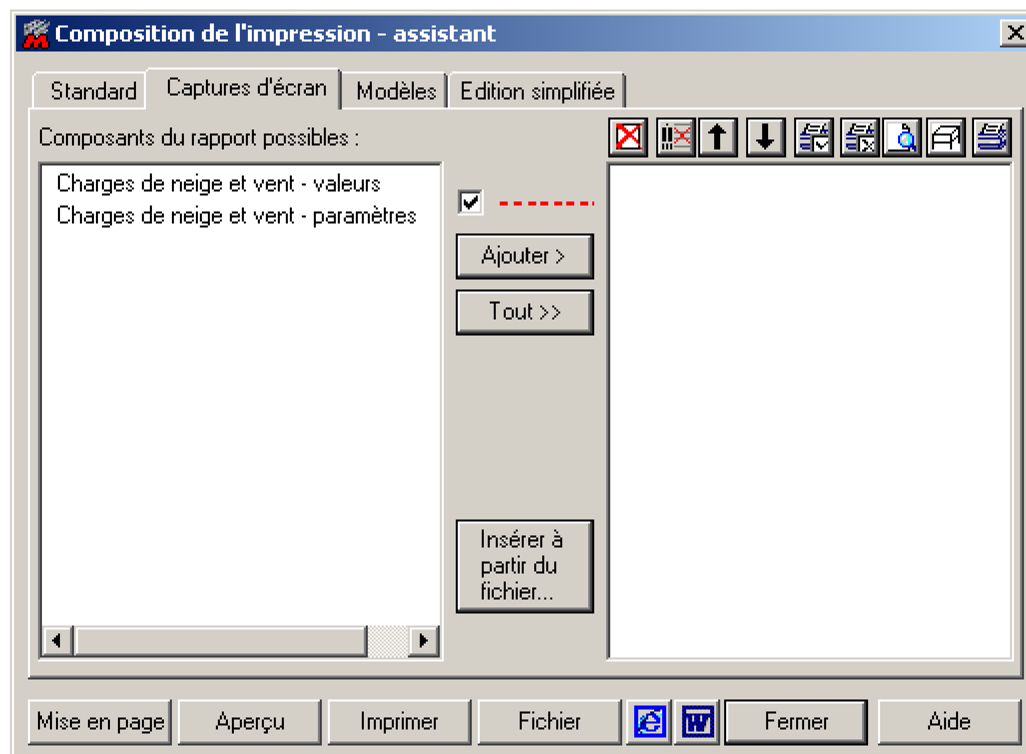
Captures d'écran

Au fur et à mesure de l'étude, il est possible d'effectuer une capture d'écran d'un tableau ou d'un diagramme.

⟶ Clic Droit dans la fenêtre que vous voulez capturer, puis **Capturer écran**.

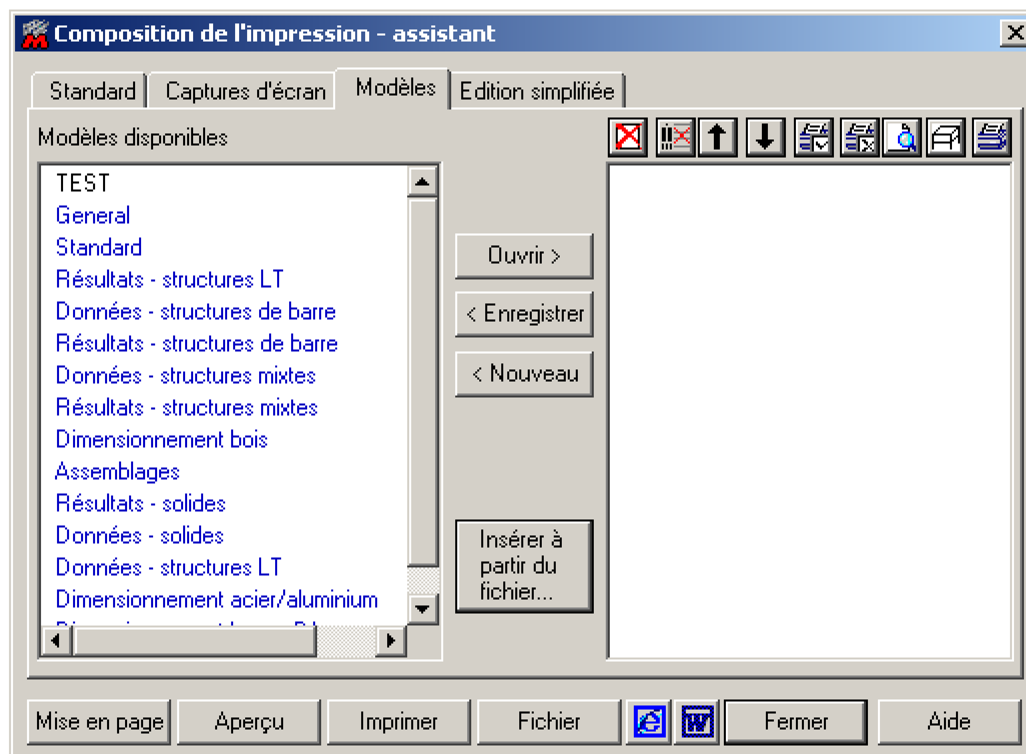
⟶ Affecter un nom à cette capture (ou laisser le nom par défaut).

La capture est alors stockée provisoirement pour une utilisation ultérieure dans la composition d'impression.



Modèles

Dans cet onglet, il est possible d accéder à des compositions d'impressions prédéfinis, mais aussi de créer des nouveaux modèles utilisateur.



Edition simplifiée

Dans cet onglet, il est possible de composer une simple impression contenant les données et les résultats des calculs.

